Gez. von H. Schacht. Lith. von G. Reutke, Berlin.

Der Baum.

Studien

über Bau und Leben der höheren Gewächse

von

Dr. Hermann Schacht.

Mit acht Lithographien und vielen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Berlin.
Verlag von G. W. F. Müller.
1853.



Der Baum.

Studien

über Bau und Leben der höheren Gewächse

von

Dr. Hermann Schacht.

Mit acht Lithographien und vielen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Berlin.
Verlag von G. W. F. Müller.
1853.

Seiner Majestät

Friedrich Wilhelm IV,

König von Preußen,

dem hohen Beschützer

der Wissenschaft und Kunst.

Vorwort.

Wenn ein neues Schiff vom Stapel läuft, um zum ersten Mal in See zu stechen, so begleiten seines Rheders und Erbauers Wünsche dasselbe auf die sturmbedrohte Fahrt durchs Meer. — Wenn ein neues Buch die Presse verläßt, so folgen auch ihm die Wünsche seines Verlegers und Verfassers. — Wie das Schiff in der Taufe mit seinem Namen seine Papiere empfängt, so soll das Vorwort eines Buches, seinem Titel folgend, demselben Zeugniß geben über sein Entstehen, seinen Zweck und seine Einrichtung.

Entstanden ist dies Buch zunächst durch eigene Forschung. — Bei einem dreijährigen Sommeraufenthalt am Thüringer Walde, wohin mich zum zweiten Mal die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin gesendet, fand ich reichlich Gelegenheit, den Wald und seine Bäume kennen zu lernen.

Von der Fürstlich Schwarzburg-Rudolstädtischen Forstdirection, so wie von dem gesammten Forstpersonal auf das Bereitwilligste unterstützt, bin ich namentlich dem Herrn Landjägermeister B. von Holleben, dem Herrn Oberforstmeister von Gleichen-Rußwurm und dem Herrn Oberförster Offeney zu großem Dank verpflichtet. Anderseits ward mir von Herrn Oberforstrath Pfeil,

so wie von meinem verehrten Freunde, Herrn Professor Ratzeburg, vielfach reiche Belehrung gespendet.

Der Zweck des Buches ist: ein größeres Publikum, nicht den Botaniker und Forstmann allein, in die Werkstatt der Natur zu führen, zu zeigen, wie die Pflanze lebt und wie sie leben muß. — Nachdem ich mich vielfach mit höheren und niederen Pflanzen beschäftigt, habe ich versucht das Leben der Gewächse an den Bäumen, als den höchsten Repräsentanten der Pflanzenwelt, vom Keime ab bis zum Tode, zu verfolgen. Eine große Gesetzmäßigkeit hat sich mir bei diesem Studium erschlossen. Das Leben der Pflanze wird zunächst durch den inneren Bau und die chemische Beschaffenheit seiner Zellen bedingt. Ohne die genaueste Kenntniß der feineren Anatomie giebt es überhaupt keine Physiologie.

Um für einen größeren Leserkreis verständlich zu werden, war es meine erste Aufgabe, mich möglichst deutlich auszudrücken. Manche Bezeichnung mußte ich erklären, die für den Mann der Wissenschaft keiner weiteren Erörterung bedurfte; manches längst Bekannte mußte ich berühren. Andererseits konnte ich bei neuen Thatsachen vielfach nicht umhin, ausführlicher und gründlicher auf bestimmte Punkte einzugehen, als es dem Einen oder Anderen manchmal wünschenswerth erscheinen möchte. Was der Eine tadelt, wird vielleicht der Andere loben. Wie das Packetschiff nicht zur Lustreise allein, sondern gleichfalls, zur Förderung des Handels, neben seinen Passagieren Waaren aller Art von einer Hafenstadt zur andern trägt, so führt auch dieses Buch, zur Förderung der Wissenschaft, neben leichter Waare schwereres Geschütz.

Die vorliegende Schrift behandelt in allgemeinen Umrissen den Bau und die Lebenserscheinungen der höheren Pflanzen, insbesondere unserer Waldbäume; sie ist der Vorläufer eines größeren Werkes, welches sich mit jeder wichtigen deutschen Baumart speciell beschäftigen wird und zunächst für den wissenschaftlichen Forst-

mann und Botaniker bestimmt ist. Sehr zahlreiche Abbildungen werden das letztere begleiten. In dem vorliegenden Buche konnte ich nur das Nothwendigste durch Zeichnungen erläutern. — Die Benutzung meiner Figuren ist anderen Schriftstellern gern, aber nur mit Genehmigung meines Verlegers, gestattet.

Während der Bearbeitung und während des Druckes dieser Schrift unausgesetzt mit neuen Untersuchungen beschäftigt, konnte es nicht fehlen, daß ich sowohl manches Neue lernte, als auch hie und da einen Irrthum erkannte. Im Anhang füge ich hinzu, was ich dermalen Neues gesehen, desgleichen unter den Druckfehlern, berichtige ich Irrthümer, welche mir bekannt geworden. — Eine Zusammenstellung der anatomischen Verhältnisse einiger Hölzer und Rinden möchte vielleicht manchem Botaniker und Geologen, zur mikroskopischen Bestimmung derartiger Gegenstände, willkommen sein. — Die kurze Erklärung einiger botanischer und forstwissenschaftlicher Ausdrücke wird überschlagen, wer ihrer nicht bedarf.

Dem wahren Steuer der Wissenschaft, der Forschung selbst, vertrauensvoll mich überlassend, vermeide ich die trügerische Strömung der Speculation, so wie der Mode, durch die schon manche Kraft zerschellt. Der Forschung, nicht der Hypothese, verdankt die Naturwissenschaft ihre glänzenden Entdeckungen.

Die Entwicklungsgeschichte ist die sicherste Führerin durch das Labyrinth der Gestalten und der Lebensformen. Der Faden dieser Ariadne geleitet jederzeit zum Ziel. Den Weg der Entwickelungsgeschichte, dem ich verdanke, was ich weiß, befolgte ich auch bei der Eintheilung dieses Buches; ich hoffe dadurch verständlicher zu werden. Kleine Wiederholungen waren hie und da nicht zu vermeiden.

Manches Neue wird dies Buch enthalten. Wem der gegenwärtige Stand der Wissenschaft bekannt ist, der wird es finden, ohne daß ich darauf aufmerksam gemacht. Sollte ich irgend wo

eine Ansicht ausgesprochen oder eine Beobachtung erwähnt haben, welche vor mir schon von einem Anderen, mir unbekannt, mitgetheilt ward, so überlasse ich demselben gern alle Prioritätsansprüche. Die Geschichte der Wissenschaft und das Studium der Natur sind Zweierlei. Ich bin nicht Geschichtforscher, im großen Buche der Natur giebt es für mich noch viel zu lesen.

So geh denn hin mein Buch mit meinem Segen. Wie ich vom Forstmann viel gelernt, wird auch der Forstmann aus dir lernen können; begleite ihn und andere Freunde der Natur in Wald und Feld, laß sie prüfen, bestätigen, vervollständigen oder verbessern was ich beobachtet, damit die Wissenschaft immer weiter schreite, die Praxis aus ihr Nutzen ziehe.

Rudolstadt, im Juni 1853.

Dr. Hermann Schacht.

Inhalt.

Einleitung.

Was die Natur schafft ist alles vollkommen, das Kleinste wie das Größte. Die Schimmelpflanze ist in ihrer Weise eben so vollkommen als der Eichbaum; sie ist das geworden, was sie dem Plane der Natur nach werden sollte. Das Naturgesetz, nothwendig und unabänderlich, beherrscht die Natur in allen ihren Theilen.

Unabhängig von dem Begriff der Vollkommenheit, läßt sich dagegen in den Schöpfungen der Natur ein einfacher oder zusammengesetzter Bau nicht verkennen. Die leblose Natur, das Reich der Gesteine, besitzt keine eigentliche Organisation. Die belebte Natur, das Pflanzenreich und das Thierreich, sind dagegen organisirt; sie stehen, ihres zusammengesetzten Baues halber, höher als das Mineralreich. Je einfacher im Thier- und Pflanzenreich der Bau, um so einfacher auch die Funktion; je mannichfaltiger der Bau, um so mannichfaltiger die Thätigkeit, um so entwickelter das Leben. Das Thier mit Empfindungs-Organen versehen ist höher organisirt als die Pflanze, der letztere fehlen. Wie das Thier schon deshalb höher steht als die Pflanze, so läßt sich wiederum nach dem Grade der Organisation zwischen niedriger und höher entwickelten Thieren und Pflanzen unterscheiden. Die sogenannten natürlichen Systeme sind hierauf zunächst begründet.

Die Pilze, Flechten und Algen, aus Zellen einer Art gebildet, ohne eigentlichen Stamm, ohne Blätter und Wurzeln, sind die am niedrigsten entwickelten Pflanzen. Die Laub- und Lebermoose, mit Stamm und Blättern versehen, aber ohne wahre Wurzel, sind schon höher organisirt. Die Farrnkräuter, Schachtelhalme u. s. w. besitzen Stamm, Blätter und Wurzeln, und in selbigen ein mehr oder weniger entwickeltes Gefäßbündel-System, d. h. ein System bestimmter Zellen-Arten, welches alle Theile der Pflanze durchzieht. Von den Moosen an kennen wir bei allen höheren Kryptogamen einen Geschlechts-Apparat, nämlich zweierlei Organe, die zur Erzeugung eines Keimes nothwendig sind. Bei den Pilzen, Flechten und Algen hat uns die neueste Zeit wohl mehrere Arten zur Fortpflanzung bestimmter Zellen, aber bis jetzt keinen nothwendigen Zusammenhang zwischen diesen Zellen kennen gelehrt. Der Geschlechts-Apparat der höheren Kryptogamen ist mit der Blüthe der Phanerogamen nicht zu vergleichen, er ist durchaus anderer Art. Der Bau der Gefäßbündel wird schon bei den Monocotyledonen, wohin die Palmen und Gräser gehörig, zusammengesetzter, er erreicht im Holzring der dycotyledonen Bäume (der Eiche, Buche 2c.) seine höchste Entwickelung. Die Blüthe der Phanerogamen enthält unter allen Verhältnissen, sei es nun auf demselben Stamme oder auf getrennten Stämmen, Staubfäden, welche den Blüthenstaub entwickeln, und Samenknospen, die nach geschehener Bestäubung zum Samen werden. Die Samenknospen sind, mit Ausnahme der Nadelhölzer und Cycadeen, von einer besonderen Hülle, dem Fruchtknoten, umkleidet. Am Zapfen der Nadelhölzer und Cycadeen entwickeln sich diese Samenknospen frei, von keiner Hülle geschützt. Der Blüthenbau der Nadelhölzer ist demnach einfacher als bei den Monocotyledonen; der Bau ihres Holzringes entspricht dagegen mehr den Dycotyledonen.

Aus diesem kurzen Ueberblick entnehmen wir, daß allerdings annähernd, aber nicht vollständig, eine Stufenfolge vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren das ganze Pflanzenreich durchzieht. Im

Thierreich zeigt sich bis zu einem gewissen Grade eine gleiche Stufenleiter.

Der Baum, gleichgültig welcher großen Abtheilung des Gewächsreiches angehörig, ist jedenfalls eine hoch organisirte Pflanze; ihn charakterisirt ein Stamm mit einer Krone. Der Stamm ist vieljährig. Die Krone besteht entweder aus beblätterten Aesten und Zweigen, wie bei allen Bäumen unserer Zone, oder aus einem Blätterbüschel, wie bei den Palmen, den Cycadeen und den baumartigen Farrn. Der Stamm des Baumes kann als Haupttrieb fortwachsen, wie bei den meisten Nadelbäumen, er kann aber auch später sein Längenwachsthum schließen; die Krone pflegt alsdann sich stärker auszubreiten, bei unseren Obstbäumen, bei der Kastanie u. s. w. Der Stamm unserer Bäume verdickt sich alljährlich, der Stamm einiger Palmen wächst dagegen nur eine Zeit lang in die Breite. Das Wachsthumsverhältniß des Stammes, der Aeste und Zweige bedingt zunächst die Tracht, den Habitus, des Baumes. Wie seine Aeste und Zweige sich in der Luft ausbreiten, und durch ihre Blätter und grünen Rindentheile für atmosphärische Nahrung sorgen, so durchziehen des Baumes Wurzeln das Erdreich, ihm Bodennahrung zuführend.

Stamm und Krone unterscheiden den Baum vom Busch oder Strauch, der keinen Hauptstamm und keine Krone besitzt. Der Hochwald besteht aus Bäumen, der Niederwald aus Gebüsch. Oft sind es dieselben Pflanzen, nur durch den Betrieb des Forstes in ihrem Wachsthum wesentlich verändert. Der Hochwald wird, je nach der Baumart, alle 80 oder 120 Jahr geschlagen, der Niederwald dagegen alle 10 bis 15 Jahre abgetrieben. Im Hochwald wird der Stock (der Stumpf des Baumes mit den Wurzeln) ausgerodet; durch eine neue Pflanzung wird ein neuer Hochwald aufgezogen. Die Stöcke des Niederwalds bleiben im Boden, aus ihnen schießen neue Zweige zu neuem Niederwald hervor. So beherrscht die Kultur sogar das Höchste in der Pflanzenwelt, den Baum; sie beherrscht ihn nicht nach eigener Machtvollkommenheit,

nein durch des Baumes Wachsthumsgesetze selbst. Die höchste Aufgabe der Wissenschaft ist die Erforschung dieser Gesetze. Die Natur antwortet gern, wenn man zu fragen versteht.

Die tieferen Schichten unserer Erde begraben zahlreiche Ueberreste, größtentheils ausgestorbener Thiere und Pflanzen. Wie jeder Organismus in der Natur einen Entwickelungsgang durchläuft, wie sich der Same des Baumes aus einer einzigen Zelle allmälig hervorbildet, so scheint auch die Natur selbst, zum wenigsten auf unserer Erde, sich ganz allmälig höher entwickelt zu haben. Die ältesten Schichten der Gesteine zeigen uns Ueberreste der niedrigsten Thiere und Pflanzen, große Meeres-Algen sind in ihnen aufgefunden. In einer späteren Periode erscheinen riesige Kryptogamen, z. B. baumartige Farrn, Calamiten und Lepidodendron-Arten*). Auf den Halden der Steinkohlengruben findet man im Thonschiefer die herrlichsten Abdrücke riesiger Farrnkrautblätter. Später erschienen die Nadelhölzer, die zum größten Theil unsere Braunkohle bilden; unter ihnen ist die Gattung Araucaria, welche jetzt nicht mehr in Europa heimisch, sehr reichlich vertreten. Auch Palmen finden sich hier und da in der Braunkohle, sie scheinen gleichzeitig oder später als die Coniferen entstanden zu sein. Unsere Laubhölzer treten zuletzt auf. In seltenen Fällen findet man ihre Ueberreste in der Braunkohle; so bei Altenburg eine Birkenart; in Londonclay Stämme und Blätter baumartiger Leguminosen, in kohlensauren Kalk verwandelt.

Wie sich die Thier- und Pflanzenarten in den geognostischen Perioden nach einander entwickelt haben, wissen wir so wenig als wir das erste Zusammentreten der Elemente zur Bildung der Erde enträthseln können. Der Hypothesen giebt es viele; wir wollen

*) Die Rothenbergia Holleheni, in dem Gestein des rothen Berges bei Saalfeld gefunden, und nach ihrem Entdecker, dem Landjägermeister B. von Holleben genannt, scheint gleich den Lepidodendron-Arten eine baumartige Lycopodiacee gewesen zu sein.

mit ihnen nicht unsere Zeit verlieren. Ob die nicht geschichteten Gebirge, die Granite, Basalte, Porphyre, durch plötzliche oder allmälige Erhebung, durch den feurig-flüssigen Erdkern veranlaßt, entstanden sind, ist noch ein Streit der Geologen; nur so viel ist gewiß, daß der Entwickelungsgang der Erde sich über Milliarden Jahre erstreckte. Die mächtigen Ablagerungen, aus dem Wasser entstanden, die Kreidebildungen und die Muschelkalkgebirge beweisen dies zur Genüge.

Die klimatischen und atmosphärischen Verhältnisse müssen sich in den verschiedenen Entwickelungsperioden der Erde geändert haben. Die baumartigen Calamiten- und Lepidodendron-Arten sind ausgestorben, die baumartigen Farrn und die Cycadeen sind nur noch in den Tropen zu Hause, auch die Palmen sind nicht mehr bei uns heimisch*); die Araucaria ist gleichfalls aus Europa verschwunden. Der Taxusbaum wird in Deutschlands Wäldern immer seltener; in der Braunkohle findet er sich häufig. Unsere jetzigen Bäume gehören sämmtlich zur Abtheilung der Dycotyledonen. Die Nadelhölzer, zur Klasse der Zapfenbäume (Coniferae) gehörig, haben eingeschlechtige Blüthen, entweder auf demselben Stamm oder auf getrennten Pflanzen vertheilt. Ihre Samenknospen sind von keiner besonderen Hülle, keinem Fruchtknoten, umgeben, ihr Holzring enthält keine eigentliche Gefäßzellen. Unsere Laubhölzer gehören zumeist in die Klasse der Kätzchenblüthen (Juliflorae). Die Blüthen sind getrennten Geschlechtes, entweder auf derselben Pflanze oder auf verschiedenen Stämmen vertheilt. Die männlichen Blüthen bilden ein Kätzchen, der Holzring enthält, wie bei allen eigentlichen Dicotyledonen, Holz und Gefäßzellen von Markstrahlzellen durchsetzt. Hierher gehören die Eiche, die Buche, die Kastanie, die Haselnuß, die Hainbuche, die Birke, die Erle, der Nußbaum, die Weidenarten, die Pappel, die Rüster, der Maul-

*) Die kleine Chamaerops humilis im südlichen Europa ist kaum ein Baum zu nennen.

beerbaum u. s. w. In die Klasse der Acera, mit vollkommenen Blüthen, d. h. nicht mehr getrennten Geschlechtes, gehören die Ahornarten und die Roßkastanie. Die Obstbäume, deren Blüthenpracht uns im Frühjahre entzückt und deren Früchte uns erquicken, gehören zur Klasse der Rosenblüthen (Rosiflorae). Ich gedenke des Apfelbaumes, des Birnen-, des Quitten-, des Mandel-, des Pfirsich- und des Pflaumenbaumes. Die Akazien, welche unsere Gärten zieren, finden unter den Schmetterlingsblumen (Leguminosae) ihren Platz, der Orangenbaum gehört in die Klasse der Hesperiden u. s. w.

An Zahl der Arten reicher als unsere Zone sind die Tropen. Jeder Urwald umschließt eine Menge verschiedener Baumarten aus allen Abtheilungen des Pflanzenreiches. Baumartige Farrnkräuter, in unseren Treibhäusern erst seit wenig Jahren bekannt, Palmen, Drachenbäume und Pandanus-Arten wechseln mit zahllosen baumartigen Dicotyledonen, deren Herzählung nur ermüden aber nicht belehren könnte. Um die Wunder eines tropischen Urwalds würdig zu beschreiben, muß man wie Alexander von Humboldt*) letzteren selbst gesehen, muß man ihn selbst studirt haben. Mir ist bis jetzt das Glück, den tropischen Himmel mit seiner Sternenpracht, die tropische Erde mit ihrer Thier- und Pflanzenfülle zu bewundern, nicht geworden. Unsere Wälder, nicht so mannichfach an Bäumen und an Blüthen, in denen wohl Epheu und wilder Hopfen, aber keine Lianen ranken, haben mir den Stoff zu diesem Buche geliefert. Ich habe den Baum im Walde studirt, den Wald und seine Bäume liebgewonnen. Ich will versuchen am Baum den Bau und das Leben der Gewächse zu entwickeln. Möchte es mir gelingen, meinen Lesern überall verständlich zu werden und ihnen nur einen Theil des Interesses einzuflößen, den mir der Baum gewährt!

---

*) A. v. Humboldt. Ansichten der Natur.

I.

Der innere Bau und das Leben der Gewächse.

Blicken wir um uns her in der Natur, die so groß und reich, so sehen wir Thiere, Pflanzen, Steine, Erde, Luft und Wasser. Die alte Eintheilung der 3 Naturreiche tritt uns lebhaft vor die Seele. Aber fragen wir jetzt: wodurch unterscheiden sich diese 3 Reiche, ist nicht alles in der Natur denselben Gesetzen unterworfen? Wirkt der chemische Prozeß, wirken die physikalischen Kräfte nicht auf alles, was vorhanden ist? — Die Naturgesetze haben überall Geltung, die Naturkräfte wirken überall, aber nicht überall auf gleiche Weise; sie werden durch sich selbst beschränkt und manchmal scheinbar aufgehoben.

Die Chemie, diese Mutter aller Naturwissenschaft, lehrt uns, daß ein Stoff sich mit dem andern verbindet, und daß durch diese Verbindung die Eigenschaften der Stoffe sich gegenseitig aufheben oder wenigstens beschränken. Die Säure verliert ihre sauren Eigenschaften, sobald man sie mit einem Alkali (z. B. mit dem Kali) oder einer alkalischen Erde (z. B. mit dem Kalk) verbindet; das Alkali begiebt sich dafür seiner ätzenden Kraft. Die Eigenschaften der jetzt verbundenen Stoffe sind den letzteren durch die eingegangene Verbindung nur zeitweilig genommen. Trennt man die Säure durch eine andere stärkere Säure vom Alkali, oder das letztere,

durch eine stärkere Base (ein Stoff, der sich mit einer Säure zu einem neutralen Salz verbindet), so sind die ursprünglichen Eigenschaften vollständig wieder hergestellt. Die Eigenschaften irgend eines Körpers sind demnach an den Stoff, an die Materie, gebunden, sie ändern sich, sobald der Körper seine chemische Zusammensetzung ändert.

Aber nicht der chemische Prozeß allein, noch viele andere Kräfte beherrschen die Natur. Zum Theil uns noch sehr mangelhaft bekannt, können wir gegenwärtig nur wenig Erscheinungen vollständig erklären. Dem Streben des menschlichen Geistes ist noch ein großes, reiches Feld geöffnet, ein Feld, das er wohl niemals ganz gewinnen, das er aber bis zu einer gewissen Grenze siegreich erkämpfen wird — wo diese Grenze liegt, wer kann es wissen!

Die Luft, welche wir einathmen, ist ein Gemisch zweier Gase. Das Wasser, uns zum Leben ebenso nothwendig, ist eine chemische Verbindung. Der Fels, unbestreitbar dem Mineralreich angehörig, verwittert an seiner Oberfläche, d. h. die Atmosphäre wirkt chemisch verändernd auf ihn ein, sie zerlegt die Verbindung des Gesteines und bildet aus den in ihm vorhandenen Stoffen andere chemische Verbindungen. Auch auf unseren Körper wirkt die Atmosphäre in jedem Augenblicke verändernd ein, ihm Sauerstoff zuführend und Kohlenstoff entziehend, der in Form von Kohlensäure austritt. Letztere von den Thieren ausgehaucht, oder durch die Verwesung in Freiheit gesetzt, bietet der Pflanzenwelt ihre Hauptnahrung. So kreisen die Stoffe in der Natur von Ewigkeit zu Ewigkeit, nach der Art ihrer Verbindung ihre Eigenschaften ändernd, sich sonst aber für alle Zeiten gleich bleibend. Kein Atom eines Stoffes wird neu geschaffen, keines geht verloren; und doch sehen wir täglich neue Thiere, neue Pflanzen entstehen, wir sehen neue Wolken am Himmel aufziehen, neuen Regen zur Erde fallen. Blicken wir aber zur andern Seite, da zeigt sich das Bild des Todes, seine kalte Hand erfaßt stündlich Menschen und Thiere. Das Laub der Wälder fällt mit dem Eintritt des Winters; die Leichen der Thiere und

Pflanzen verwesen, sie geben der Luft, dem Wasser und dem Boden die Stoffe zurück, welche sie ihnen vormals entnommen. Alle Thiere, alle Pflanzen hauchen bei warmer trockener Luft Wasserdunst aus, die Oberfläche der Meere und Flüsse verdunstet gleichfalls; was sich als Wolken bildet, was als Thau, Regen oder Schnee niederfällt, entstieg zuvor in anderer Gestalt der Erde.

Man hat die Thier- und Pflanzenwelt, im Gegensatz zur leblosen Natur, das Reich der Organismen genannt. Unter Organ versteht man einen aus verschiedenen Theilen zusammengesetzte Mechanismus. Nun bestehen sowohl die niedrigsten als die höchsten Thiere und Pflanzen aus einer oder aus vielen Zellen. Die Zelle selbst ist ein zusammengesetztes Ding, ein Säckchen aus einer Membrane und einem Inhalt bestehend, sie ist ein Organ. Außerhalb des Thier- und Pflanzenreiches kennt man keine Zellen. Aber warum nennt man das Mineralreich im weitesten Sinne des Wortes leblos? Ist denn das Leben an die Zelle gebunden? — Allerdings ist, was wir Leben nennen, nur dem Thier und der Pflanze, also dem Reich der Zelle, eigen. Aber was ist denn Leben? was ist Tod? höre ich jetzt fragen. — Leben ist das gesetzmäßige Zusammenwirken vieler, uns zum Theil noch unbekannter Kräfte, welche sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Tod ist die Aufhebung dieses Gleichgewichts, die *Alleinherrschaft* des chemischen Prozesses. So lange das Thier, so lange die Pflanze lebt, herrscht wenigstens in einem Theil seiner Zellen eine fortwährende Stoffumwandelung; der chemische Prozeß ist auch hier sehr thätig, durch ihn ernährt sich Thier und Pflanze, aber er herrscht nicht *allein*, er gehorcht dem Komplex, d. h. dem einheitlichen Zusammenwirken, der Kräfte; er bildet andere Stoffe, er formt sie anders, als er sie bilden und formen würde, wenn ihm *allein* das Recht zustände. In einer abgestorbenen Pflanze entstehen keine neue Zellen, entsteht kein neues Stärkmehlkorn; die 4 Elemente, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, aus denen die Organismen wesentlich zusammengesetzt sind, verlieren sich allgemach in die Atmo-

sphäre; die nicht flüchtigen Grundstoffe, Kalk, Kali u. s. w., kehren zum Boden, dem sie entnommen wurden, zurück.

Man hat die vier so eben erwähnten Elemente, da sie eben die Hauptbestandtheile der Organismen bilden, als organische Elemente bezeichnet, im Gegensatz zu den übrigen einfachen, der leblosen Natur im größeren Maße angehörigen Stoffen. Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff fehlen keiner lebenden Zelle. Bestimmte Verbindungen des Stickstoffes, mit ihnen die löslichen Eiweisstoffe (Protein-Verbindungen nach Mulder) scheinen sogar die Erreger des Lebens zu sein; wenn sie als unlöslich sich im Zellensaft ausscheiden, tritt der Tod der Zelle ein. Die löslichen Eiweisstoffe wirken hier wie die Hefe bei der Gährung.

Wenn das Leben, wie wir so eben gesehen, der Ausdruck des Zusammenwirkens vieler Kräfte, die sich gegenseitig beschränken, ist, so erklärt sich von selbst warum die Erzeugnisse des Lebens, selbst wenn die Stoffe dieselben blieben, anders als die Erzeugnisse des Todes sein müssen. Ein Leben ohne Stoffumwandlung ist nicht denkbar. Die Flamme ist die Begleiterin gewisser chemischer Prozesse; jede Kraftäußerung verlangt eine Ursache. Die Erscheinungen des Lebens sind demnach die Folgen ununterbrochener, unter bestimmten Gesetzen stattfindender Veränderungen des Organismus. Die Kraft des Dampfes, die uns mit Blitzesschnelle auf dem Schienenwege dahinführt, besteht nicht für sich allein, sie ist an den Dampf gebunden, wenn sich der letztere zu Wasser verdichtet, ist auch seine Kraft dahin. Mit jeder bestimmten Veränderung der Stoffe ist das Freiwerden einer bestimmten Kraft verbunden; der Verbrennungsprozeß entwickelt Wärme, jeder chemische Prozeß setzt Elektricität in Freiheit. Nun kennen wir die verschiedenen chemisch-physikalischen Prozesse, welche neben einander in der lebenden Pflanze und noch mehr im lebenden Thiere wirken, und sich nothwendig einander beschränken müssen, noch viel zu wenig, wir können demnach auch die verschiedenen Kräfte, welche als nothwendige Folge derselben auftreten und in einander greifen müssen, nicht einzeln in

ihrer Wirkung studiren, wir können nur ihren Gesammteffekt, das Leben, wahrnehmen.

Das Leben wird durch keine besondere Kraft, durch keine Lebenskraft hervorgerufen; es ist der Ausdruck des Zusammenwirkens vieler uns zum Theil bekannter, zum Theil noch unbekannter Einzelnkräfte der Natur. Die Verwesung, als Folge des Todes, ist die Alleinherrschaft des chemischen Prozesses.

In der Thätigkeit der Zelle liegt demnach der Hauptunterschied zwischen der belebten und der leblosen Natur. Die Leiche eines Thieres, der abgestorbene Baum ist leblos wie der Stein, beide werden sehr schnell in ihre Grundstoffe zerlegt; der Stein würde ebenso bald in seine Grundstoffe zerfallen, wenn letztere, wie beim Thier und bei der Pflanze, zum größten Theil aus den organischen Elementen beständen. Der Knochen, dessen Zellwand Kalksalze in reichlicher Menge enthält, widersteht der Verwesung lange; die Kieselschalen einiger Infusorien sind vielleicht die ältesten Dokumente der Schöpfung. Die Art des Zerfallens lebloser Körper, todter Thiere und Pflanzen, der Steine u. s. w., in ihre Grundbestandtheile ist demnach einzig und allein von den Grundstoffen, aus welchen die Körper bestehen, abhängig. Je fester das Gestein, um so schwieriger verwittert dasselbe. Das Holz verwest langsamer als die zarteren Pflanzengewebe. Der chemische Prozeß ist im Bereich der leblosen Natur überall derselbe.

Aus der Zelle entspringt demnach alles Leben in der Natur. Der Same (die Spore) des Pilzes, der Flechte, der Alge und des Mooses, aus welchem beim Keimen unmittelbar die neue Pflanze ersteht; der Same der Farrenkräuter, Schachtelhalmen u. s. w., welcher zuerst einen Zellenkörper, den Vorkeim, bildet, aus dem das neue Pflänzchen entspringt, ist eine Zelle. Der Blüthenstaub (der Pollen) der höheren Pflanzen ist gleichfalls eine Zelle; aus ihm bildet sich, im Innern des Keimsackes, einer anderen Zelle, die Anlage (der Keim) der jungen Pflanze. Das Ei aller durch geschlechtliche Zeugung sich fortpflanzender Thiere, bis zum Menschen hinauf, ist eine Zelle.

Man kann demnach die letztere mit Fug und Recht als das Grundorgan aller lebenden Wesen bezeichnen.

Die Lehre von der Zelle ist im Pflanzenreich durch die rastlosen Bestrebungen der Letztzeit ihrem Abschluß nahe gebracht. An dieser wichtigen Frage haben sich insbesondere Schleiden, v. Mohl, Nägeli, A. Braun, Hofmeister, Cohn und Pringsheim betheiligt; auch ich habe versucht das Meinige zu thun. So wissen wir denn jetzt, daß alle Theile der Pflanzen aus Zellen hervorgehen, ja daß sie bis zum Tode ihre Zellennatur mehr oder minder unverändert bewahren. Wir wissen, daß alle später in ihrer Ausbildung und ihrer Funktion nach so verschiedenen Zellenarten ursprünglich einerlei Natur sind, daß sich ihre Verschiedenheiten erst ganz allmälig entwickeln. Wir wissen ferner, daß sich die Pflanzenzelle immer nur im Innern einer bereits vorhandenen Zelle (einer Mutterzelle), aber niemals zwischen vorhandenen Zellen bildet. Wir kennen endlich zwei Arten ihrer Bildung; eine sogenannte freie Zellenbildung, wo sich im Innern einer Mutterzelle aus deren Inhalt eine oder mehrere junge Zellen entwickeln, ohne daß der letztere durch selbige gänzlich verzehrt wird, und eine Zellenbildung durch Theilung. Der Gesammtinhalt der Mutterzelle zerfällt hier, vom ersten Augenblick dieser Bildung an, in so viel Theile als Tochterzellen entstehen. Im Thierreich, wo die Untersuchung ungleich schwieriger, der Organismus selbst viel komplizirter, ist man noch nicht so weit gediehen. Zwar sind die meisten der Gewebearten mit Sicherheit auf ihren Zellenursprung zurückgeführt; zwar kennt man die Theilung der Zelle, ähnlich wie im Pflanzenreich, mit Sicherheit. Ob es im Thierreich wirklich eine Zwischenzellenbildung giebt, muß erst die Zukunft entscheiden; Remak verneint dieselbe.

Alle höheren Thiere sind mit einem oder mit mehreren sehr entwickelten Cirkulationssystemen, aus vielfach verzweigten Röhren bestehend, versehen, in ihnen kreisen die ernährenden Flüssigkeiten, das Blut und die Lympfe. Der Pflanze fehlt jegliches Cirkulationssystem dieser Art; selbst die sogenannten Milchsaftgefäße beruhten

auf mangelhafter Untersuchung; ich habe dieselben mit großer Bestimmtheit auf milchsaftführende Bastzellen zurückgewiesen. Der Saftaustausch innerhalb der Pflanze ist demnach ganz anderer Art als beim Thiere; der physiologische Prozeß, d. h. der Prozeß des Lebens in der Zelle, bewirkt hier allein den Saftaustausch, eine Zelle giebt der andern auf dem Wege der Diffusion, d. h. durch ihre Wand, was sie braucht, eine Zelle sorgt für die andere. Auch im Thierreich findet sich diese Art des Saftaustausches, aber in beschränkterem Maße. Das höhere Thier hat Verdauungsorgane, es nimmt die Speisen in dieselben auf, zerkleinert und zerlegt sie, zieht aus ihnen die löslichen Stoffe und giebt die nicht brauchbaren unbenutzt wieder ab. Die Pflanze hat keine solche Organe; ihre Würzelchen entlehnen dem Boden in Wasser gelöste Substanzen, ihre Blätter entziehen der Luft gas- und dunstförmige Stoffe. Nur die Oberfläche der Pflanze ist fähig Nahrungsmittel aufzunehmen. Wie sie nimmt, so giebt sie auch zurück; nur das Gelöste oder Gasförmige kann von ihr aufgenommen oder ausgeschieden werden. Das höhere Thier hat ein Nervensystem, das letztere ist sowohl der Sitz der Empfindung als der Intelligenz; das Nervensystem beherrscht die Muskeln. Der Grad seiner Ausbildung bezeichnet zugleich den Grad der Intelligenz des Thieres. Der Mensch besitzt das am höchsten organisirte Nervensystem, er ist deshalb das am höchsten begabte Thier. Bei der Pflanze kennen wir kein Nervensystem; wir können deshalb bei ihr von keiner Empfindung reden. Wenn die sogenannte Sinnpflanze, z. B. die Mimosa pudica, selbst bei der leisesten Berührung durch ein Zusammenlegen ihrer Blätter scheinbar Empfindung verräth, so muß diese Erscheinung dennoch eine andere, freilich uns noch unbekannte, Ursache haben.

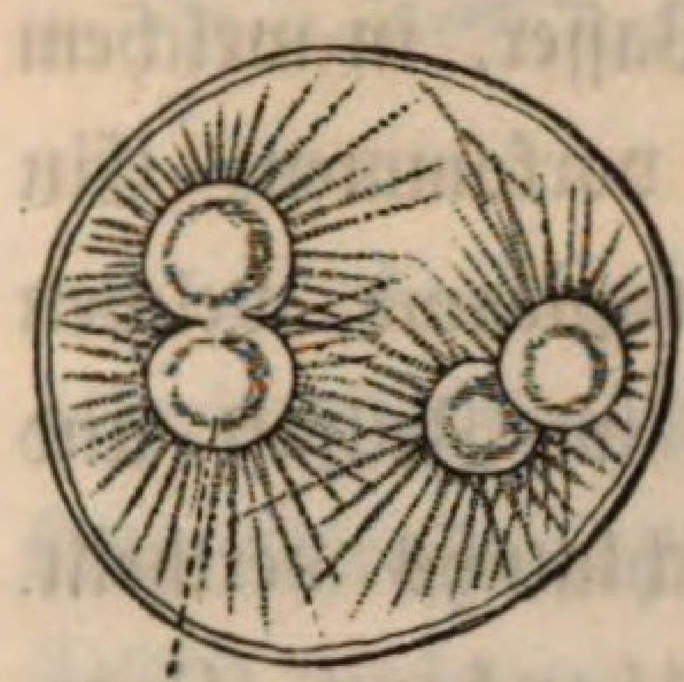
Die anatomisch-physiologischen Unterschiede sind demnach in den höheren Regionen beider großen Reiche sehr in die Augen fallend. Schon das Räderthier, ein mikroskopisches, sehr lebendiges Wesen, mit Verdauungsorganen, mit Cirkulations- und Nervensystem begabt, wird Niemand mit einer Pflanze verwechseln kön-

nen. Kommen wir aber der Grenze näher, gelangen wir zu den einzelligen Thieren und Pflanzen, so wird die Bestimmung sehr schwierig, hier fehlen uns die Anhaltspunkte, die uns bis dahin leiten konnten. Die Schwärmsporen (bewegliche Samen) gewisser Algen, um deren Erforschung sich namentlich A. Braun, Thuret und Cohn große Verdienste erworben, kreisen, mit schwingenden Wimpern versehen, gleich den Infusorien im Wasser umher, sie liegen erst stille wenn sie zu keimen beginnen. Die Schwärmfäden, bewegliche spiralförmig aufgerollte Fäden, im sogenannten männlichen Organ der höheren Kryptogamen (Farrnkräuter, Schachtelhalme ꝛc.) wirbeln, gleich den sogenannten Samenthieren des Thierreichs, lustig im Wasser dahin. Eine scheinbar willkürliche Bewegung ist jetzt kein Beweis der thierischen Natur. Die Cellulose, ein sogenanntes Kohlenhydrat, welche die Wand der Pflanzenzelle bildet, in Schwefelsäure löslich ist, dagegen von Aetzkali nicht angegriffen wird, ward bis zur letzten Zeit für das Kennzeichen der Pflanze gehalten. Seitdem im Mantel der Ascidien und der Salpen, sowie in der Fleischschicht der Thetium- und anderer Spongienarten dieselbe Cellulose und zwar in ihrer so recht charakteristischen Modifikation (sich durch Jod und Schwefelsäure blau färbend) nachgewiesen ist, fiel auch dieser Unterschied. Die Contractilität (die Fähigkeit sich zusammenzuziehen und wieder auszudehnen) der thierischen Membran, jetzt noch der einzige Anker, ist eine schwache Stütze. Die stickstoffhaltige, früher als die Zellstoffhülle entstehende, Membran der Schwärmsporen ändert in kurzen Zwischenräumen mehr oder weniger ihre Gestalt.

Legen wir die Hand aufs Herz und bekennen, daß wir zur Zeit kein genaues, für alle Gruppen gültiges, Unterscheidungsmerkmal zwischen Thier und Pflanze geben können. Es ist keine Schande, daß wir so weit gekommen sind alle bisherigen Unterschiede ungenügend zu finden. Die Entwickelungsgeschichte wird hier allein zum Ziele führen. v. Siebold und Cohn haben von dieser Seite her Großes geleistet; auf dem von ihnen eingeschlagenen Wege wird uns die Erkenntniß dieser Grenze kommen.

So kehren wir denn jetzt, nachdem wir die wesentlichen Verschiedenheiten der 3 Naturreiche, nach dem gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft prüfend erwogen, zur Pflanze zurück, um uns zunächst mit ihren Zellen zu beschäftigen. Wir können dieselben nur mit Hülfe des Mikroskopes studiren.

Fig. 1.



Das Urbild einer Pflanzenzelle läßt sich am besten als rundes oder länglich rundes Bläschen bezeichnen (Fig. 1), dessen äußere, meistens ziemlich starke Membran aus Zellstoff besteht. Jod und Schwefelsäure färben letztere blau. Diese Zellstoff-Membran ist in der Regel aus mehreren Schichten zusammengesetzt, die äußerste Schicht, welche niemals Löcher hat, ist dann die älteste; die innerste Schicht, welche gleich den ihr vorausgehenden meistens verdünnte Stellen oder gar Löcher, sogenannte Poren, besitzt, ist in diesem Falle die jüngste Zellstoffbildung. Unter der besprochenen stickstofffreien, aus Schichten bestehenden Hülle, der eigentlichen Membran der Pflanzenzelle, liegt ein zartes stickstoffhaltiges Bläschen, der Primordialschlauch, das sich überall der Zellmembran dicht anschließt, und deshalb in der Regel erst dann sichtbar wird, wenn man durch chemische Mittel seine Zusammenziehung befördert (Fig. 2). v. Mohl entdeckte diesen Primordialschlauch, der für die Zellen-

Fig. 2.

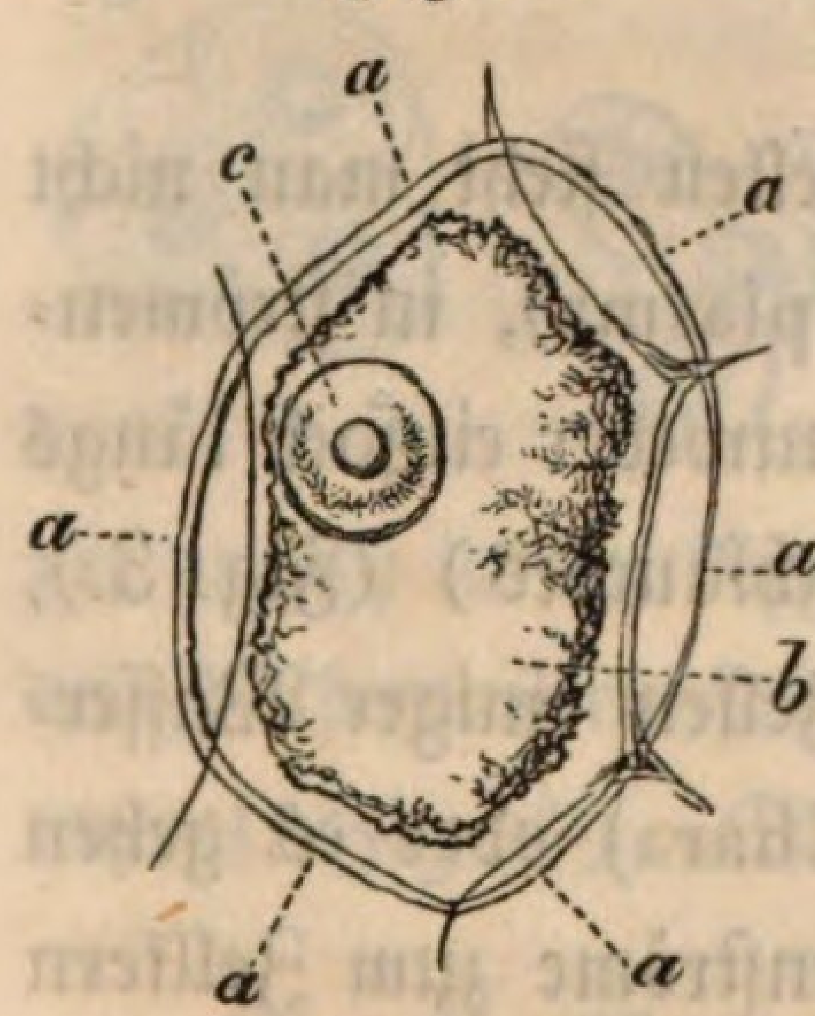


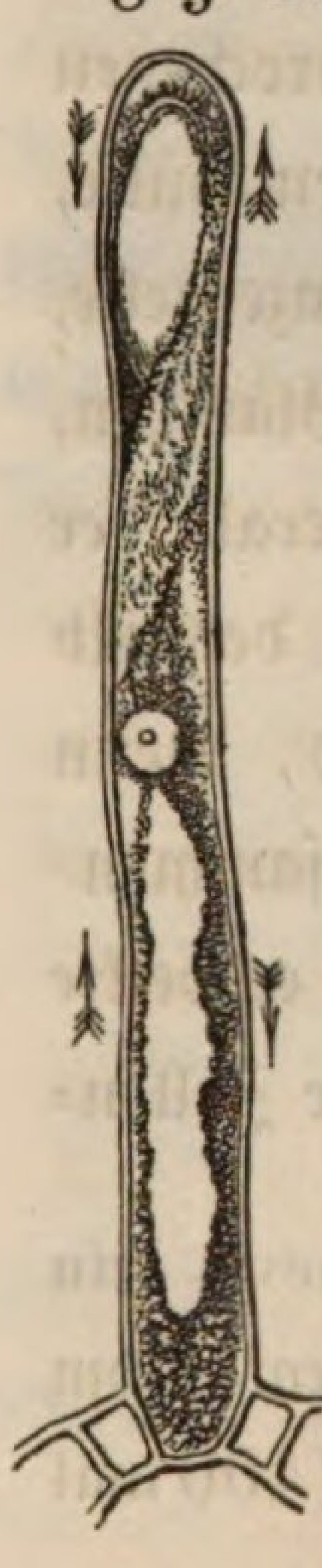
Fig. 1. Eine Mutterzelle des Samens von Anthoceros laevis (ein laubiges Lebermoos). a. Ein Zellenkern in seiner Theilung begriffen. Vom Zellkern gehen fadenförmige Saftströme zum Umkreis der Zelle. (400 mal vergrößert.)

Fig. 2. Eine Zelle aus der Wurzel des Bocks-Orchis (Himantoglossum hircinum). a. Ueberall die aus Zellstoff bestehende Wand dieser Zelle. b. Der Primordialschlauch durch Weingeist etwas zusammengezogen. c. Der Zellenkern. (200 mal vergrößert.)

bildung äußerst wichtig wird. Ich möchte ihn, im Gegensatz zu der aus Cellulose bestehenden Membran, als Stickstoffschlauch bezeichnen. Er entsteht in allen Fällen früher als die Zellstoffhülle; die letztere ist sammt ihren Verdickungsschichten gewissermaßen sein Sekret. Dieser Stickstoffschlauch umschließt den flüssigen und festen Inhalt der Zelle.

Der Zellsaft besteht zum größten Theil aus Wasser, in welchem verschiedene Salze, auch Zucker und Dextrin gelöst vorkommen. Ein dick flüssiger stickstoffreicher Schleim, v. Mohls Protoplasma, welchen ich als Stickstoffschleim bezeichnen will, ist im Zellsaft und namentlich über die Innenfläche des Stickstoffschlauchs vertheilt. Unter dem festen Inhalt der Zelle spielt der Zellenkern (Cytoblast), ein rundes oder linsenförmiges Körperchen (Fig. 2, c), die wichtigste Rolle. Dieser Zellenkern, stickstoffhaltig, in seinem Innern häufig einen oder zwei kleinere Kerne, die Kernkörperchen (Nucleoli), enthaltend, liegt in der Regel am Stickstoffschlauch der Zelle, seltener frei in der Mitte der letzteren.

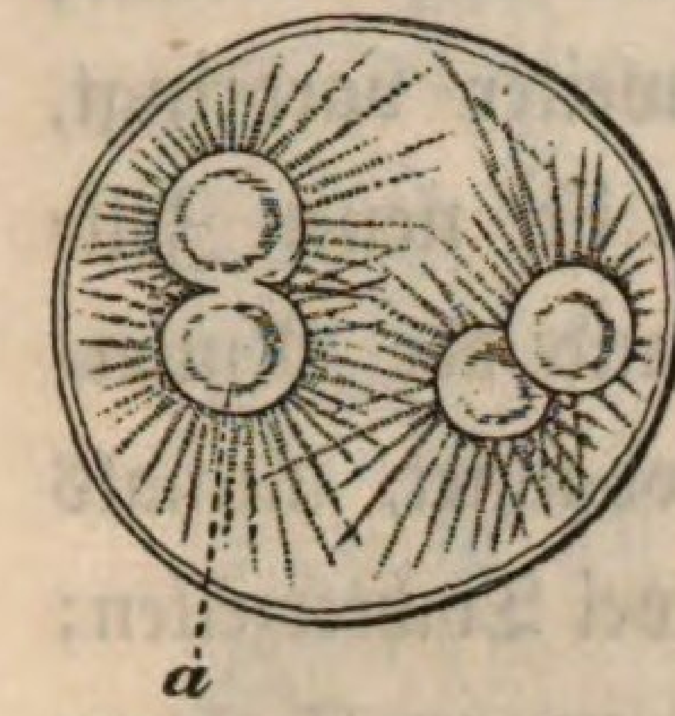
Fig. 3.



Bei sehr üppig vegetirenden Zellen sieht man nicht selten den Stickstoffschleim (das Protoplasma), in strömender Bewegung; der Strom verläuft entweder einfach längs des Stickstoffschlauches (Primordialschlauches) (Fig. 3.), z. B. in den Haaren und übrigen Zellen einiger Wasserpflanzen (Hydrocharis, Valisneria, Chara) oder es gehen von diesem Hauptstrom kleinere Seitenströme zum Zellkern und von ihm zurück; z. B. in den jungen Haaren vieler Landpflanzen (Tradescantia, Circaea u. s. w.) Die Bewegung der Strömchen ist oft so langsam, daß man sie kaum wahrzunehmen vermag; der Zellkern erscheint in diesem

Fig. 3. Haar des jungen Fruchtknotens einer Nachtkerze (Oenothera muricata). Die Pfeile zeigen die Richtung des Stromes. (200 mal vergrößert.)

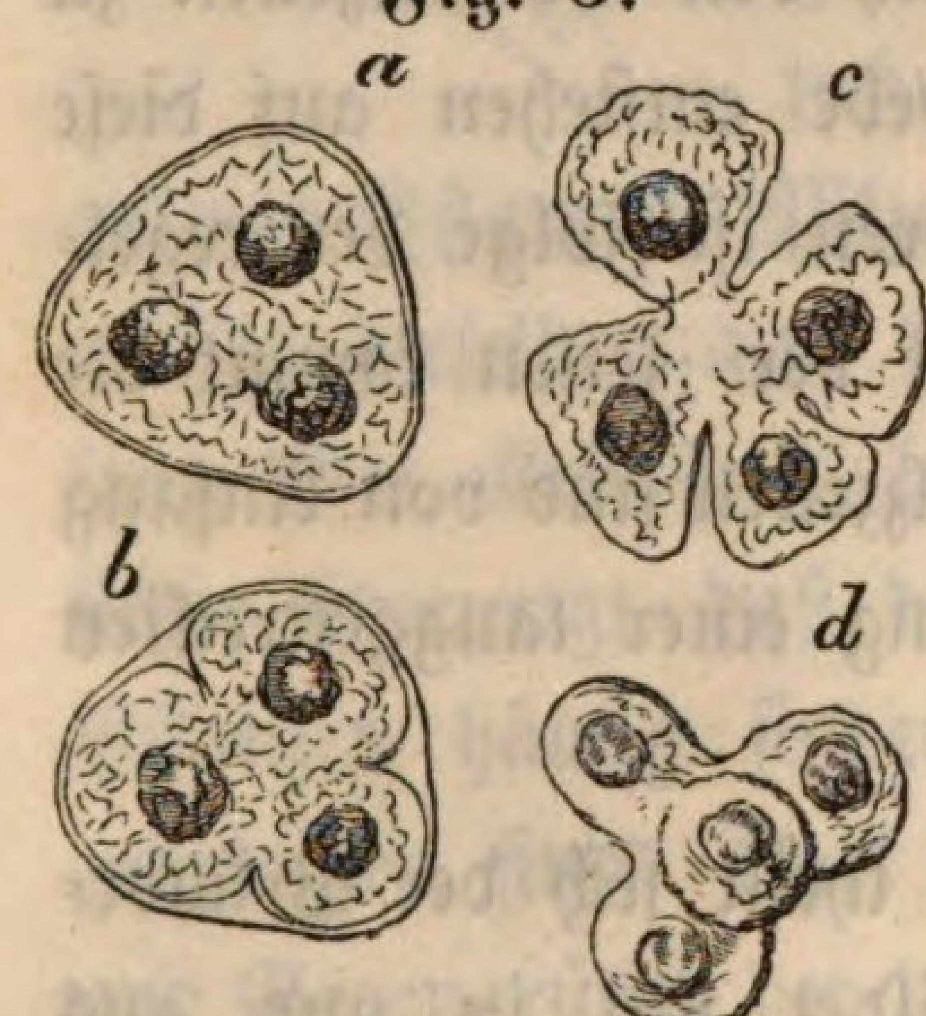
Fig. 4.



Falle häufig wie an Spinnenfäden aufgehängt (Fig. 4). Das Strömen des Stickstoffschleimes durch den ruhenden Zellsaft der Zelle ist von der eigentlichen Membran der letzteren durchaus unabhängig, es ist eine Lebenserscheinung des Stickstoffschleimes selbst, den wir gewissermaßen als den Erreger des Lebens in der Zelle betrachten müssen.

Das Stärkmehl, das Inulin, das Blattgrün (Chlorophyll), ätherische und fette Oele, Krystalle u. s. w., im Zellsaft enthalten, sind Erzeugnisse, die je nach der Pflanze und nach der Art ihrer Zellen vorkommen oder fehlen.

Fig. 5.



Wenn sich neue Zellen bilden, so geschieht dies, wie bereits erwähnt, immer im Innern anderer Zellen. Der Stickstoffschlauch theilt sich bei der einen Art der Zellenbildung, von seinem Umkreis aus eine Kreisfalte bildend, in zwei, seltener in vier Theile (Fig. 5). Der Gesammtinhalt der Mutterzelle zerfällt hier in so viel Portionen als Tochterzellen entstehen, jede der letzteren ist, da sich in der Regel noch vor der Theilung des Stickstoffschlauches der Zellkern gleichfalls theilt, mit einem eigenen Zellenkern versehen (vergl. Fig. 4). Der Stickstoffschlauch der Mutterzelle sondert ent-

Fig. 4. Mutterzelle des Samen von Anthoceros laevis. Der Zellkern a von fadenförmigen, scheinbar ruhenden, Saftströmen umgeben. (400 mal vergrößert).

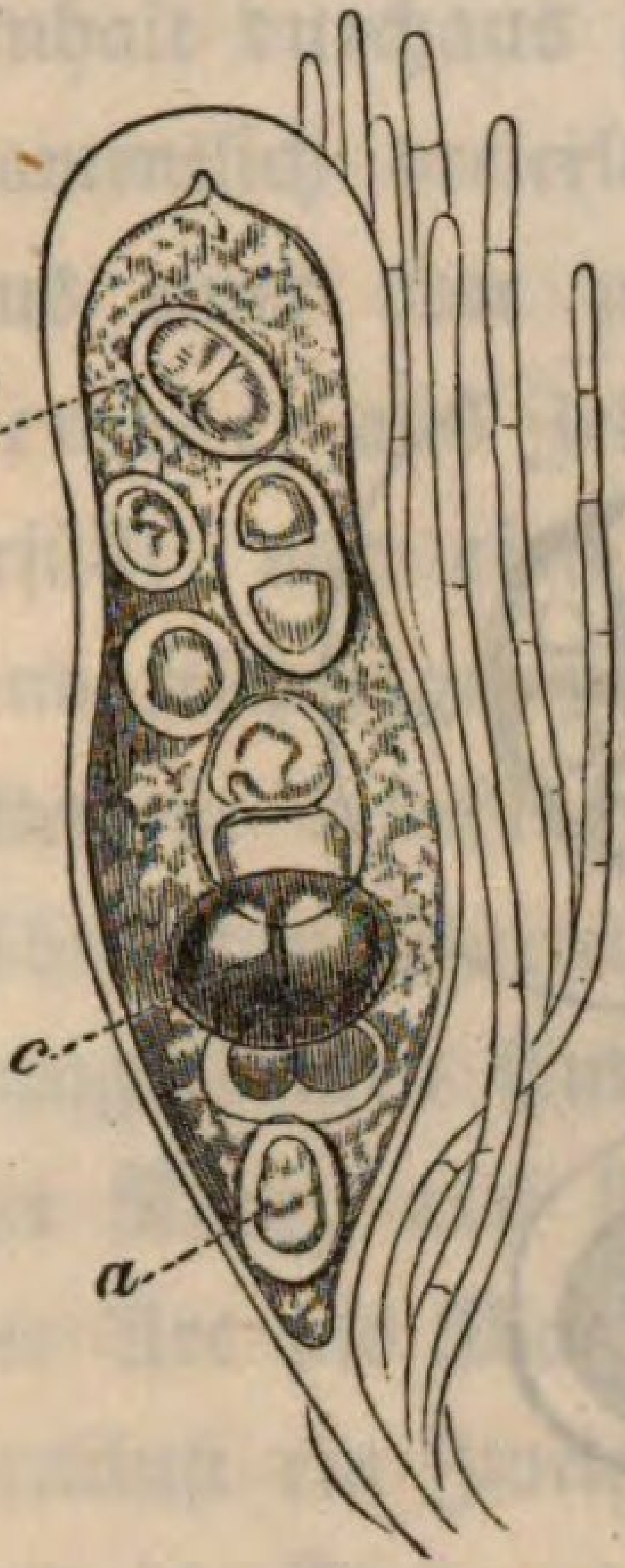
Fig. 5. Mutterzellen des Samens von Blasia pusilla (einem laubigen Lebermoos). a vor der Theilung des Stickstoffschlauches, b im Beginn derselben; c und d der sich in vier Tochterzellen theilende Stickstoffschlauch isolirt. Die Membran der Mutterzelle löst sich in diesem Zustand in Chlorzinklösung auf. Jede Tochterzelle besitzt einen Zellenkern. (400 mal vergrößert).

weder fortwährend Zellstoff aus; alsdann erscheint an seiner Theilungsstelle gewissermaßen eine aus Zellstoff bestehende Scheidewand, die mit der Zunahme der Einschnürung immer weiter vordringt, oder er secernirt erst, wenn seine Theilung vollbracht ist, neuen Zellstoff; in diesem Falle fehlt die erwähnte Scheidewand der Mutterzelle. Mehr als vier Zellen entstehen, soviel ich beobachtet, niemals durch direkte Theilung. In der Regel bilden sich zwei Tochterzellen; bisweilen wiederholt sich die Theilung der beiden jungen Tochterzellen, noch ehe sie eine Zellstoffhülle erhalten; häufiger dagegen entstehen vier Tochterzellen durch einmalige direkte Theilung des Primordialschlauches. Bei dieser Art der Zellenbildung wird, mit wenig Ausnahmen, die Membran der Mutterzelle alsbald vollständig aufgesogen, ihr Zellstoff kommt wahrscheinlich den Tochterzellen zu Gute. Die Zellen aller geschlossenen Gewebe entstehen auf diese Weise; die regelmäßige Anordnung der ersteren ist Folge der regelmäßigen Theilungsart, sogar für die Gestalt der Zellen kommt die Richtung der Theilung in Betracht. Alle Holzzellen sind von Anfang an langgestreckt, weil sie durch Längstheilung einer langgestreckten Mutterzelle entstanden sind.

Bei der andern Art der Zellenbildung theilt sich der Primordialschlauch der Mutterzelle nicht. Es bildet sich in und aus dem Stickstoffschleim derselben ein Zellenkern; um letzteren entsteht, wahrscheinlich durch allmälige Verdichtung des Stickstoffschleimes, ein Stickstoffschlauch; derselbe erhebt sich, indem Zellsaft zwischen ihn und den Zellkern tritt, ganz allmälig von letzterem, ihn wie eine kleine Blase umhüllend; ebenso allmälig entsteht durch Zellstoffabscheidung von Seiten des Stickstoffschlauches um letztere eine Zellstoffhülle, die eigentliche Membran der Zelle. Diese, sogenannte freie, Zellenbildung hat eine viel beschränktere Verbreitung.

Nur ein Theil des Inhaltes der Mutterzellen wird hier zur Bildung der Tochterzellen verbraucht, die Mutterzelle geht deshalb nicht unter, sie dauert fort und ernährt ihre Tochterzellen. Die Zahl der letzteren ist bei dieser Art der Zellenbildung unbestimmt.

Fig. 6.



Man findet innerhalb einer und derselben Mutterzelle Tochterzellen von sehr verschiedenem Alter (Fig. 6). Die Mutterzellen des Sameneiweißes entstehen im Keimsack der Phanerogamen durch diese sogenannte freie Zellenbildung, vermehren sich ihrerseits aber später durch Theilung, dasselbe gilt von der ersten Zelle im Innern des Pollenschlauches. Die Samen der Pilze und Flechten entstehen gleichfalls durch freie Zellenbildung.

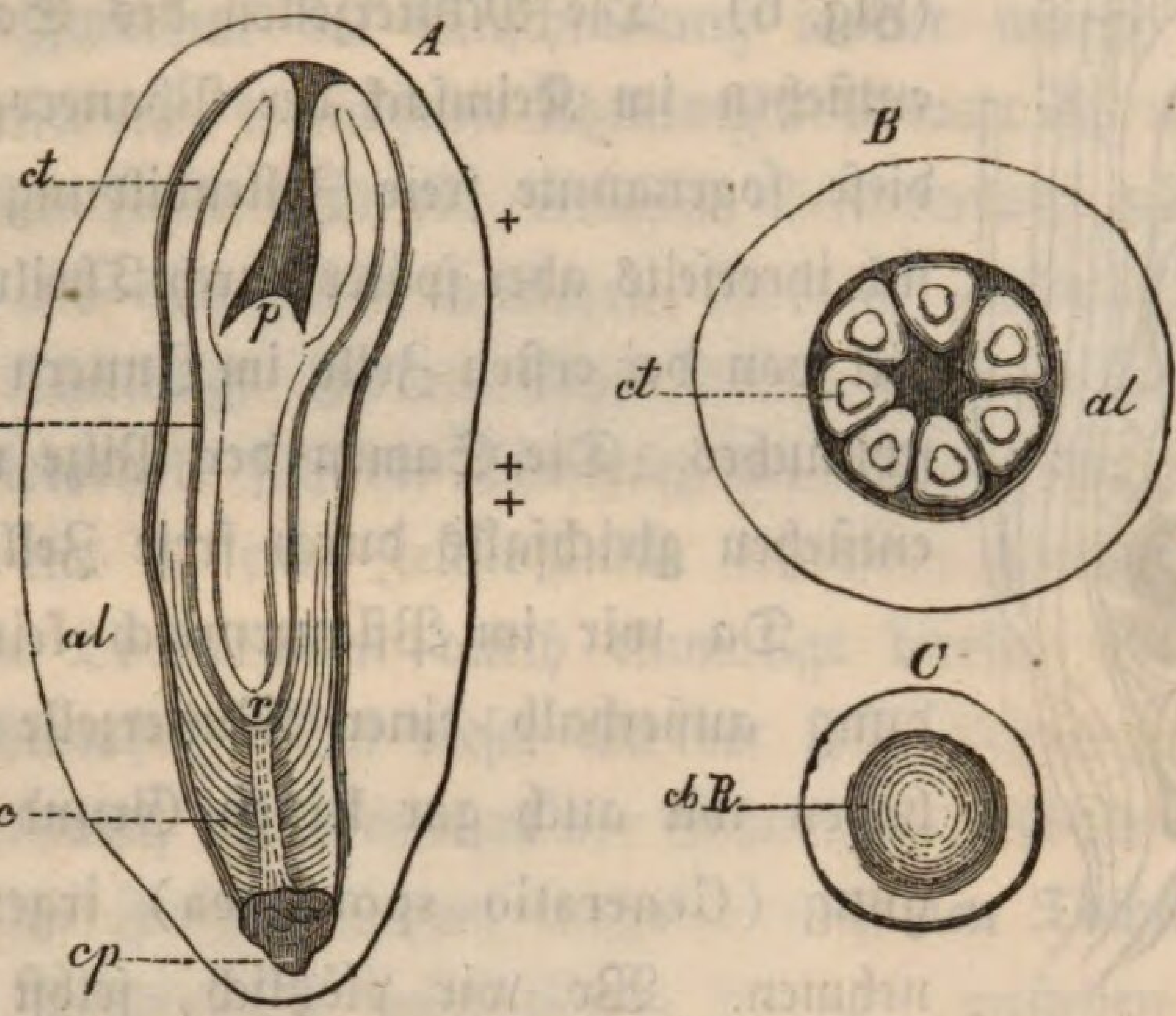
Da wir im Pflanzenreich keine Zellenbildung außerhalb einer Mutterzelle kennen, so haben wir auch gar keinen Grund eine Urzeugung (Generatio spontanea) irgendwo anzunehmen. Wo wir plötzlich, selbst im Innern anderer Pflanzen, Pilze oder sonst niedere Gewächse auftreten sehen, müssen dieselben aus Samen, die, wie wir jetzt wissen, oft jahrelang ihre Keimkraft bewahren, entstanden sein. Ich habe mich sicher überzeugt, daß diejenigen Pilze, die wir im Innern anderer Pflanzen häufig finden, von außen her durch die Zellwand eingedrungen sind. Carl Vogt hat in seiner letzten Schrift*) Gründe und Gegengründe der Urzeugung scharfsinnig erwogen; er findet, daß wir weder im Pflanzen- noch im Thierreich irgend Beweise für dieselbe haben, daß sich aber dessen ohngeachtet die Urzeugung, vom philosophischen Standpunkte aus, wenn man auf den Uranfang der Thiere und Pflanzen zurückgeht, nicht ganz von der Hand weisen läßt. Ueber den Uranfang der lebenden Wesen können wir uns bis jetzt gar keine Vorstellung machen, wir wissen von ihr durchaus gar

Fig. 6. Sporenschlauch (Mutterzelle) des Samen von Borrera ciliaris (eine Flechte). a, b, c Samen in verschiedenen Entwickelungsstadien (400 mal). Aus Zellen bestehende Fäden umgeben den Sporenschlauch.

*) Bilder aus dem Thierleben. Frankfurt 1852.

nichts und thun deshalb wohl uns aller Grübeleien über dieselbe zu enthalten.

Fig. 7.

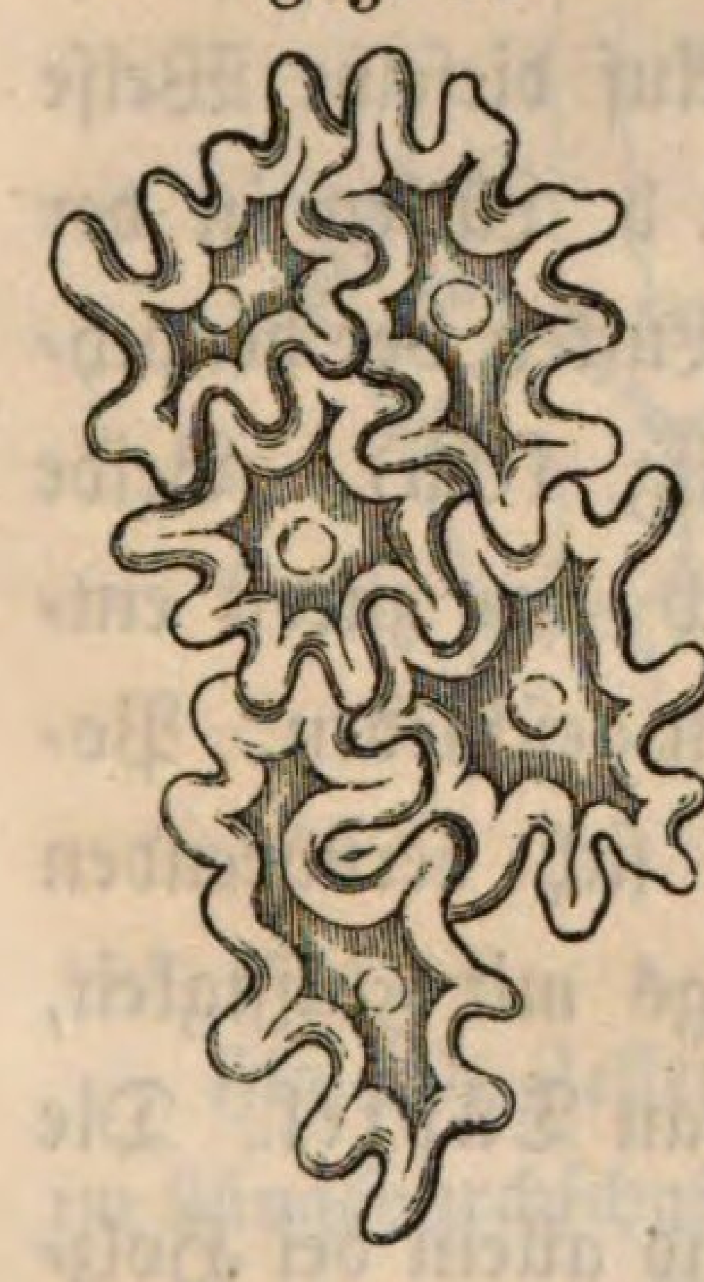


Nachdem wir den Normalbau und die Art des Werdens der Zelle betrachtet, wenden wir uns jetzt zur Ausbildung und zur Function derselben. Die Entwickelungs-Geschichte des Pflanzenkeimes lehrt, daß aus einer Zelle sich nach und nach, durch oftmals wiederholte Zellentheilung, ein immer größer werdender Körper bildet, der sowohl seine anfänglich kugelförmige Gestalt als seinen inneren Bau verändert. Es entstehen an dem einen Ende eine, zwei oder mehrere Blattanlagen (die Samenlappen oder Keimblätter), zwischen ihnen bildet sich die Stammknospe (das Federchen, die Plumula), während am anderen Ende des jungen Keimlings die Wurzelspitze (Radicula) erscheint (Fig. 7). Sobald sich äußerlich die ihrer Function nach so wesentlich verschiedenen Theile des Kei-

Fig. 7. Der Kern des reifen Samens der Kiefer (Pinus sylvestris). A Längsschnitt durch die Mitte desselben. al das Sameneiweis. cbR der Verdickungsring. ct ein Samenlappen. cp Ueberrest der Corpuscula. r Vegetationspunkt der Wurzelanlage. p Vegetationspunkt der Stammknospe (plumula). B Querschnitt durch den Kern in der Höhe von A+. al und ct wie oben. C Querschnitt durch den Keim in der Höhe von A‡. cbR der Verdickungsring. (30 mal vergrößert.)

mes differenciren, erscheinen auch die anfänglich an Gestalt und Inhalt durchaus gleichen Zellen von verschiedenem Werth, es treten namentlich dreierlei Zellenarten hervor: ein Oberhautgewebe, aus einer oder zwei Zellenschichten bestehend, ein Nahrungsgewebe, aus Zellen mit Stärkemehl oder anderen Kohlenhydraten erfüllt, und ein fortbildendes Gewebe, dessen Zellen kleiner und reicher an stickstoffhaltigen Substanzen sind. Aus dem letzteren Gewebe besteht die Stammknospe (p) und der fortbildungsfähige Theil der Wurzelspitze (r), dasselbe verbindet diese beiden fortbildungsfähigen Endpunkte der Axe des Keimlings als cylinderförmiger Ring, als Verdickungsring (c b R), welcher das Innere der Axe als Mark von der Rinde scheidet. In jeden Samenlappen verläuft ein Zweig dieses fortbildungsfähigen Gewebes. Das Mark und die Rinde, durch den Verdickungsring getrennt, bestehen aus dem Nahrungsgewebe, das sich durch seinen Inhalt und die Weise, in der es sich später ausbildet, von den Zellen der Oberhaut wesentlich unterscheidet.

Fig. 8.



Die Gestalt der Zellen ist für keine Art des Gewebes maßgebend. Je nachdem die Zellmembran in ihrem ganzen Umkreise gleichmäßig wächst oder nicht, bleibt ihre ursprüngliche Gestalt oder ändert sich dieselbe; wir finden fast unter allen Arten der Gewebe regelmäßige und unregelmäßige Formen (Fig. 8). Die Lebensgeschichte der Zelle selbst, nicht die Gestalt allein, kann die verschiedenen Zellenarten charakterisiren.

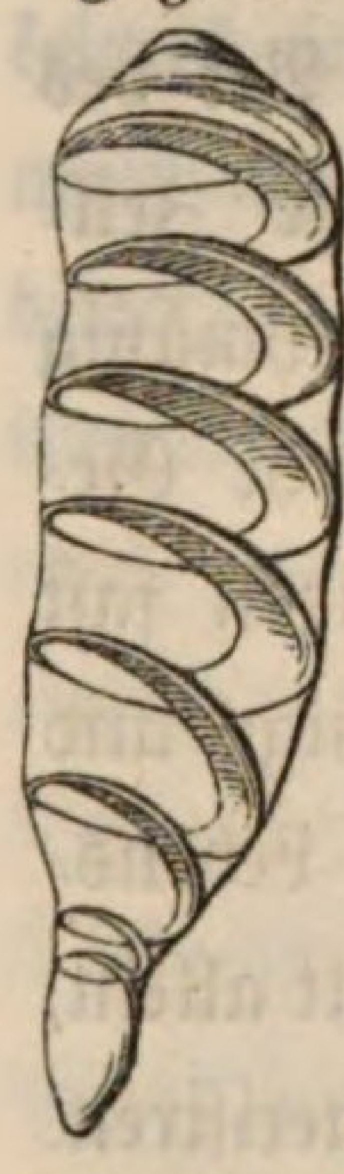
Ebensowenig wie die Gestalt ist die Weise, in welcher sich die eine oder andere Zelle verdickt,

Fig. 8. Zellen aus dem Lederkork (dem Periderma) der Kiefer. (200 mal vergrößert.) Aus ursprünglich tafelförmigen, länglich runden Zellen sind allmälig tafelförmige unregelmäßig gestaltete Zellen entstanden. Die Oberhaut entwickelt häufig ähnliche Zellenformen, z. B. auf den Blättern vieler Farrenkräuter, auf dem Blatt der Buche (Siehe Taf. 5).

für die Art derselben maßgebend; es giebt Parenchymzellen (Nahrungszellen) mit verdickter und mit zarter Wandung. Sogar die chemische Beschaffenheit der Wand ändert nicht absolut die Function der Zelle; es giebt verholzte Zellen, z. B. im Holz der Eiche, die, gleich den nicht verholzten dünnwandigen Nahrungszellen, Stärkemehl bilden. Die Natur erlaubt keine scharfe Trennungen, daher sind auch alle unsere Systeme, alle unsere Eintheilungen, mehr oder weniger mangelhaft. Das Bildungsgesetz allein kennt keine Ausnahmen; wo es gilt, naturgemäße Eintheilungen zu begründen, müssen wir demselben überall den Vorrang zuerkennen.

Die Zelle, deren erste Zellstoffhülle niemals durchlöchert ist, wächst und verdickt ihre Wandung, indem der Stickstoffschlauch neue Zellstofflagen abscheidet. Die Zellwand erreicht auf diese Weise oftmals eine beträchtliche Dicke. Selten oder niemals lagert sich der Zellstoff, Schichten bildend, gleichmäßig auf der zuerst entstandenen Wandung ab, in der Regel zeigt er sehr deutlich größere

Fig. 9.



oder kleinere Lücken. So entstehen die Spiralbänder (Fig. 9) und netzförmig verdickten Stellen der Zellwand, welche oft in den zierlichsten Formen auftreten. Auf dieselbe Weise bilden sich auch die Porenkanäle, d. h. Lücken in der Verdickungsschicht, welche mit ähnlichen Lücken der benachbarten Zelle genau zusammentreffen (Fig. 10 b). Beide Zellen sind in solchem Falle nur durch ihre zuerst entstandene, nicht durchlöcherte, Zellmembran geschieden. Porenkanäle, welche zwischen den beiden sich berührenden Zellwänden einen linsenförmigen, anfangs mit Flüssigkeit, später mit Luft erfüllten, Raum besitzen, nennt man Tüpfel. Die letzteren finden sich, soweit mir bekannt, einzig und allein bei Holz- und Gefäßzellen (Fig. 11 y); alle anderen Zellenarten sind statt ihrer

Fig. 9. Eine Zelle aus dem Holzring von Mamillaria stellaris (eine Cactusart). Das Spiralband ragt hier plattenförmig in die Höhlung der Zelle hinein. (200 mal vergrößert.)

mit Porenkanälen versehen. Durch die Porenkanäle und Tüpfel findet zunächst der Saftaustausch der Zellen statt.

Fig. 10.

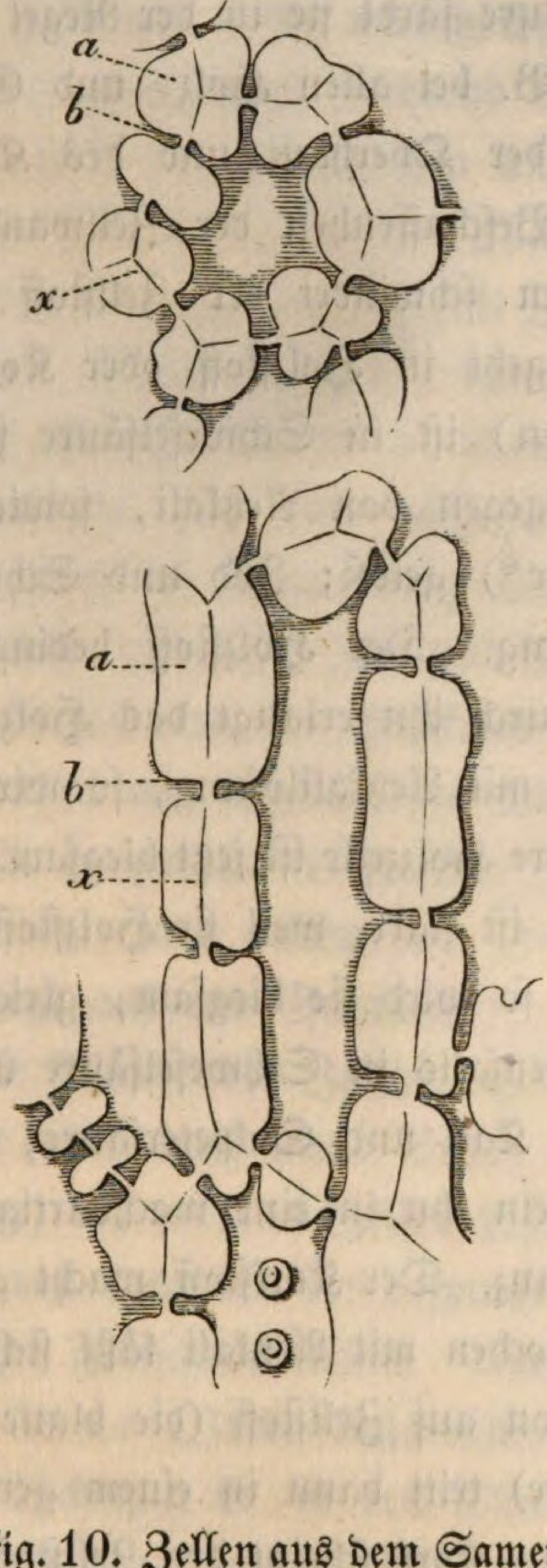


Fig. 11.

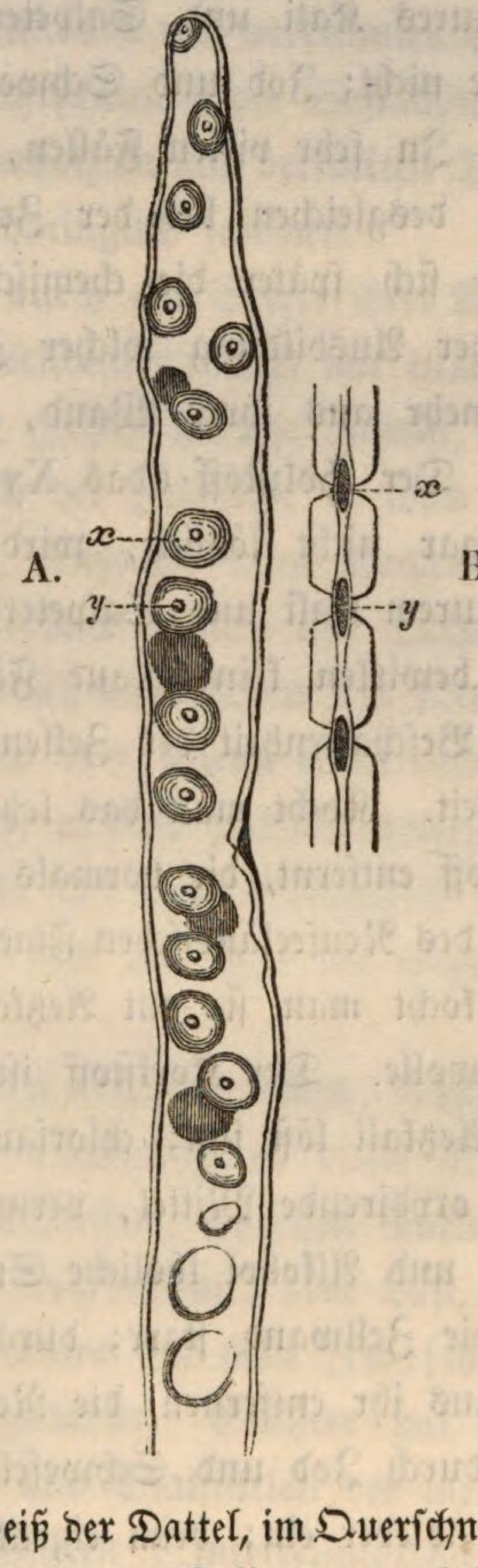


Fig. 10. Zellen aus dem Sameneiweiß der Dattel, im Querschnitt und im Längsdurchschnitt. a die verdickten Stellen der Zellwandung, b die Porenkanäle, x die Trennungslinie der sich berührenden Zellen. (400 mal.)

Fig. 11 A. Theil einer isolirten Holzzelle der Kiefer (200 mal). x der Tüpfel, y der Porus des Tüpfels von oben gesehen. — B. Partie zweier Holzzellen im Längsschnitt. x der durchschnittene Tüpfel mit seinem Tüpfelraum, y der Porenkanal, welcher zu dem Tüpfelraum verläuft. Der letztere erscheint bei A als innerer Kreis, als Porus (y).

Sowohl die zuerst entstandene Zellwand, als die später entstandenen Verdickungsschichten bestehen ursprünglich immer aus Pflanzenzellstoff (Cellulose). Concentrirte Schwefelsäure, sowie chlorsaures Kali und Salpetersäure löst diese Zellwand, Aetzkali löst sie nicht; Jod und Schwefelsäure färbt sie in der Regel schön blau. In sehr vielen Fällen, z. B. bei allen Holz- und Gefäßzellen, desgleichen bei der Zelle der Oberhaut und des Korkes, ändert sich später die chemische Beschaffenheit der Zellwandung. Bei der Ausbildung solcher Zellen schwindet der Zellstoff mehr und mehr aus ihrer Wand, er geht in Holzstoff oder Korkstoff über. Der Holzstoff (das Xylogen) ist in Schwefelsäure schwer oder gar nicht löslich, wird dagegen von Aetzkali, sowie von chlorsaurem Kali und Salpetersäure*) gelöst; Jod und Schwefelsäure bewirken keine blaue Färbung. Der Holzstoff bedingt die starre Beschaffenheit der Zellen, durch ihn erlangt das Holz seine Festigkeit. Kocht man das letztere mit Aetzkalilösung, so wird der Holzstoff entfernt, die vormals starre Holzzelle ist jetzt biegsam. Die Faser des Neuseeländischen Flachses ist starr, weil sie Holzstoff enthält; kocht man sie mit Aetzkali, so wird sie biegsam, gleich der Baumwolle. Der Korkstoff ist ebenfalls in Schwefelsäure unlöslich; Aetzkali löst ihn; chlorsaures Kali und Salpetersäure, überhaupt oxydirende Mittel, verwandeln ihn in eine wachsartige, in Aether und Alkohol lösliche Substanz. Der Korkstoff macht gleichfalls die Zellwand starr; durch Kochen mit Aetzkali läßt sich derselbe aus ihr entfernen, die Reaction auf Zellstoff (die blaue Färbung durch Jod und Schwefelsäure) tritt dann in einem geringen Grade wieder ein; beim eigentlichen Kork scheint der Zellstoff oftmals ganz zu schwinden. Der Korkstoff ist vielleicht nur eine Modification des Holzstoffs, durch den Einfluß der Atmosphäre entstanden; er findet sich nur an der Oberfläche der Pflanzen, in den Zellen der Oberhaut und in den Korkgeweben; der Holzstoff dagegen kommt nur im Innern der Pflanze vor.

*) Das Macerationsverfahren nach Schulze.

Die innerste, jüngste, Verdickungsschicht der Zellwand besteht, so lange die Zelle lebt, immer aus reinem Zellstoff, gleichgültig ob alle älteren Schichten verholzt oder verkorkt sind; durch dieses zarte Zellstoffhäutchen, das sich in die Porenkanäle und verdünnten Stellen der Zellwand senkt, wird höchst wahrscheinlich der Saftaustausch der Zellen unterhalten, während die verholzten und verkorkten Theile der Zellwand für Flüssigkeiten undurchdringlich scheinen.

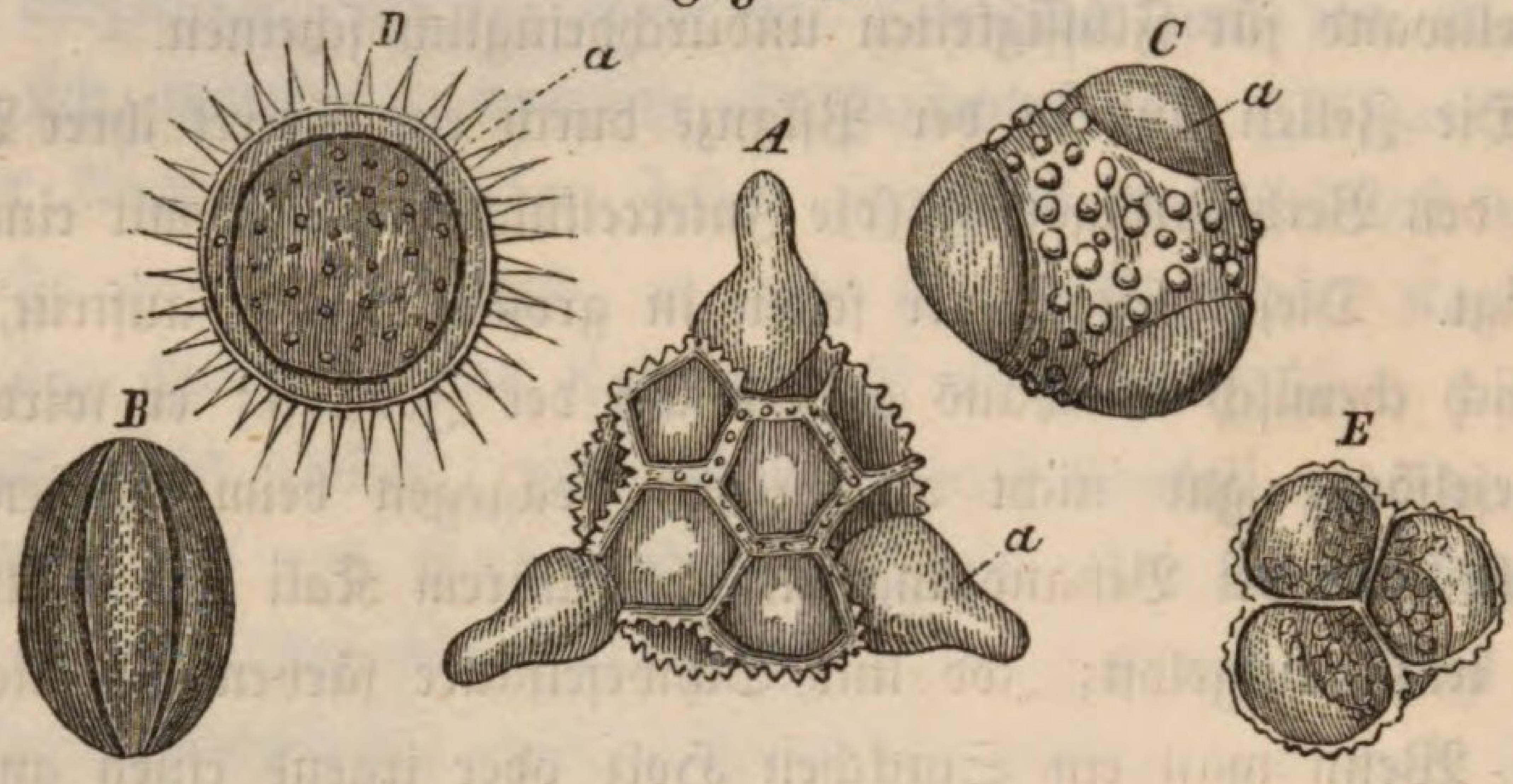
Die Zellen sind in der Pflanze durch ein Secret ihrer Wandung, den Verbindungsstoff (die Intercellularsubstanz) mit einander vereinigt. Dieser Stoff, der selten in großer Menge auftritt, verhält sich chemisch durchaus anders als der Zellstoff; er wird von Schwefelsäure gar nicht angegriffen, dagegen beim Kochen mit Aetzkali, oder bei Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, leicht aufgelöst; Jod und Schwefelsäure färben ihn niemals blau. Wenn man ein Stückchen Holz oder irgend einen anderen Pflanzentheil mit Aetzkali oder chlorsaurem Kali und Salpetersäure behandelt, so zerfällt er in seine Zellen, der Verbindungsstoff wird hier entfernt; man erkennt die Gestalt und den Bau der einzelnen Zellen jetzt auf das Genaueste.

Die Wände der Zellen, welche ein Gewebe bilden, berühren sich nur selten nach allen Seiten hin vollständig, es bleibt in der Regel da, wo mehrere Zellen zusammentreffen, zwischen ihnen ein Raum, den entweder der besprochene Zwischenstoff, oder Luft, seltener eine Flüssigkeit erfüllt. Diese Räume hat man Zwischenzellenräume (Intercellularräume) genannt. Größere mit Luft erfüllte Lücken, z. B. in den Blättern und Blattstielen der meisten Wassergewächse, heißen Zwischenzellenlücken (Intercellularlücken). Im Blattstiel der Victoria bilden sie lange runde Luftkanäle. Die Harzgänge im Blatt und in der Rinde der Nadelbäume (Taf. 6) sind gleichfalls Zwischenzellenlücken.

Dem Verbindungsstoff ähnlich verhält sich die Absonderungsschicht (Cuticula) der Oberhaut, die der Schwefelsäure widerstehend, sich oftmals als zartes Häutchen von den Blättern und anderen

Pflanzentheilen abhebt. Diese Absonderungsschicht ist gleich dem Verbindungsstoff ein erhärtetes Secret der Zellen, sie ist in Aetzkali löslich. Die zierlichen Stacheln und leistenförmigen Vorsprünge auf dem Blüthenstaub der Malven, der Sternblume und der Cichoraceen, sowie auf dem Samen der Trüffel, gehören ihr an (Fig. 12).

Fig. 12.



Sie schützt die eigentliche Zelle des Blüthenstaubes der Phanerogamen, sowie des Samens der Kryptogamen durch einen mehr oder weniger stark entwickelten Ueberzug, sie umkleidet die Oberhautzellen, sie erzeugt auch hier bisweilen, z. B. bei vielen Haargebilden (bei der Nessel und den Borago-Arten) ähnliche Vorsprünge.

Zellen, mit einander verbunden, nennen wir Gewebe. Im Keimling haben wir drei Arten des letzteren kennen gelernt; Fortbildungs- Nahrungs- und Oberhautgewebe. Das Fortbildungsgewebe dient, wie schon sein Name sagt, zunächst zur Zellenvermehrung, es findet sich an beiden Endpunkten; desgleichen im Verdickungsring und an der Oberfläche des Keimlings, seine Zellen, kleiner als die des Nahrungsgewebes, sind reich an stickstoffhaltiger

Fig. 12. Blüthenstaub. A von Tragopogon pratense (dem Wiesenbocksbart), unter concentrirter Schwefelsäure gesehen. a der hervortretende Pollenschlauch. B und C von der Stechpalme (Ilex aquifolium). B trocken, C unter Wasser gesehen. D von Lavatera trimestris (einer Malvenart), unter Citronenöl gesehen. E von Epipactis palustris (einer Wiesenorchis), unter Wasser gesehen. (200 bis 400malige Vergrößerung.)

Substanz. Zucker und Schwefelsäure färben sie rosenroth. Durch das Fortbildungsgewebe der Endpunkte des Keimlings wachsen Stamm- und Wurzelknospen; durch das Fortbildungsgewebe im Verdickungsringe entstehen die Gefäßbündel, mit ihren Gefäß-, Holz- und Bastzellen; durch den Verdickungsring verdickt sich der Stamm und die Wurzel. Durch das Fortbildungsgewebe der Oberfläche entsteht die Oberhaut mit ihren Spaltöffnungen und Haargebilden, desgleichen späterhin der Kork. Das Nahrungsgewebe (das Parenchym), im Keimling das Mark und den größten Theil der Rinde bildend, dient nur in beschränktem Maße der Zellenbildung, seine Zellen, größer und ärmer an stickstoffhaltigen Substanzen, sind mit Nahrungsstoffen, d. h. mit Stärkmehl, Inulin, Zucker, Dextrin, Blattgrün, fetten Oelen oder anderen Kohlwasserstoff-Verbindungen erfüllt. Dieses Gewebe verarbeitet gewissermaßen bestimmte Stoffe, die es durch das Oberhaut-Gewebe aus der Luft und dem Boden empfängt, es liefert dem Fortbildungsgewebe die Kohlenstoff-Nahrung. Das Nahrungsgewebe kann zunächst nur seine eigene Zellenart fortbilden; aus ihm kann niemals eine Oberhautzelle, niemals eine Holz- oder eine Gefäßzelle entstehen.

Das Nahrungsgewebe bildet das Mark, einen Theil der Rinde, desgleichen einen wesentlichen Theil des Blattgewebes, es ernährt das Sameneiweiß des Keimlings und ist demnach in der Pflanze sehr verbreitet. Im Nahrungsgewebe der Kartoffel ist das Stärkmehl enthalten (Fig. 13). Im Nahrungsgewebe des Weizenkorns liegt ebenfalls das

Fig. 13.

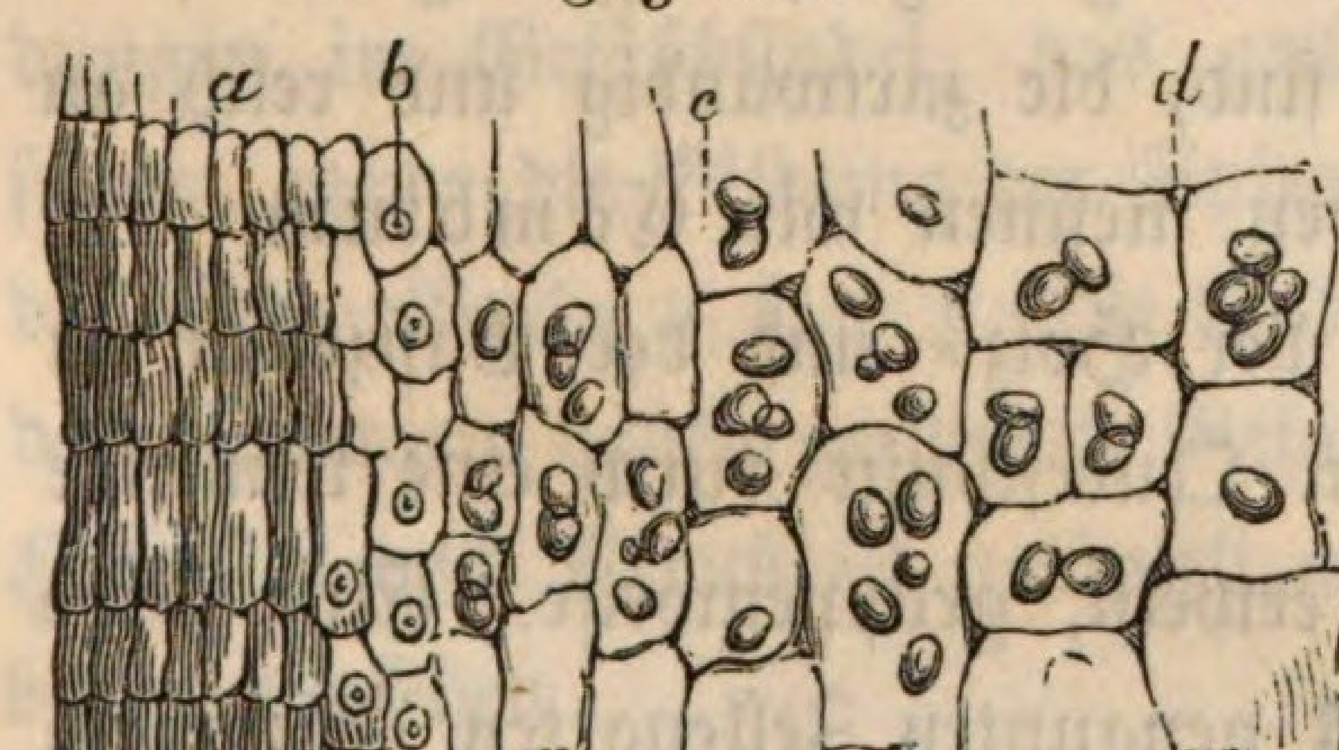


Fig. 13. Längsschnitt aus der Rindenpartie der Kartoffelknolle. a Korkgewebe. b Zellen mit deutlichen Zellenkernen ohne Stärkmehlkörner. c Das eigentliche Nahrungsgewebe, mit Stärkmehlkörnern erfüllt. Das Nahrungsgewebe des Markes der Kartoffelknolle gleicht demselben vollständig. d Ein Zwischenzellenraum. (50 mal vergrößert.)

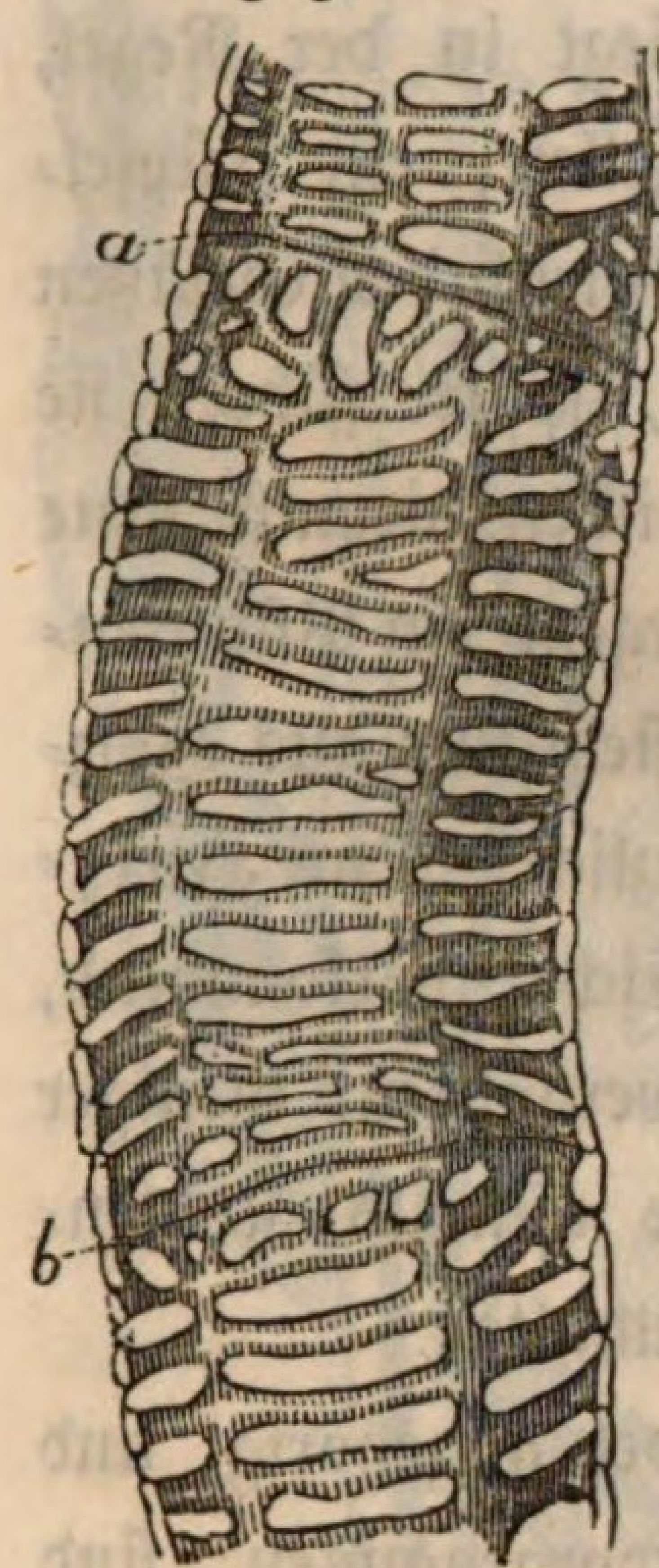
Stärkmehl und mit ihm die Hauptnährkraft des Getreidekornes. Die Gefäßbündel, welche das Nahrungsgewebe der Kartoffel durchziehen, desgleichen das Korkgewebe, welches ihre Knollen schützt, sind frei von Stärkmehl.

Das fortbildungsfähige Gewebe des Verdickungsringes sondert sich sehr bald in verschiedene Zellenarten. Es entstehen zuerst nach dem Mark zu längere spiralförmig verdickte Zellen; die Querwand dieser Zellen wird allmälig aufgelöst, mehrere solcher über einander stehender Zellen werden zu einer Röhre, die bald darauf nicht mehr Zellsaft, sondern Luft enthält. Es bilden sich die sogenannten Gefäße. Neben ihnen entstehen andere, ebenfalls langgestreckte Zellen, deren Querwand aber nicht resorbirt wird, die Holzzellen. Die Wand der letzteren sowohl als der Gefäße nimmt Holzstoff in sich auf. Nach der Seite der Rinde hin erscheinen ebenfalls längere Zellen, deren Wandung in der Regel nicht verholzt; es entstehen die Bastzellen. Zwischen den Gefäß- und Holzzellen, welche nach dem Mark zu liegen und den Bastzellen, welche der Rinde zugewandt sind, bleibt ein Theil des Verdickungsringes (bei Dicotyledonen immer, bei Monocotyledonen nicht überall) unverändert, durch ihn entstehen fortwährend neue Gefäße, neue Holz- und neue Bastzellen; der Stamm und die Wurzel verdicken sich durch ihn. Der Theil des Verdickungsringes, dessen Zellen fortwährend zur Neubildung thätig sind, die zartwandig und reich an stickstoffhaltiger Substanz verbleiben, nennen wir Cambium.

Die Bildung der Gefäße, der Holz- und der Bastzellen im Verdickungsring erfolgt, wie ein Querschnitt durch eine keimende Pflanze oder einen jungen Zweig erweist, gruppenweise. Eine solche Gruppe, in der Regel aus den 4 genannten Zellenarten (Gefäßen, Holz-, Bast- und Cambiumzellen) bestehend, nennt man ein Gefäßbündel. Die Zellen, welche 2 benachbarte Gruppen der Gefäßbündel von einander scheiden, bezeichnet man bei den Dicotyledonen als Markstrahlen; durch sie steht das Nahrungsgewebe des Markes mit dem Nahrungsgewebe der Rinde in Verbindung, sie

führen Stärkmehl oder andere Kohlenhydrate, welche im Gefäßbündel, mit seltenen Ausnahmen (im Holzparenchym), fehlen.

Fig. 14.



Die Gefäße der Pflanze unterscheiden sich von den Holzzellen, denen sie am nächsten verwandt sind, durch ihre durchbrochenen Querwände, sie bilden somit eine aus vielen, mit einander verbundenen, Zellen bestehende Röhre. — Je nachdem ihre Wand ringförmig, spiralförmig oder netzförmig verdickt ist, werden dieselben als ring-, spiral- oder netzförmig verdickte Gefäße beschrieben (Fig. 14). — In einer und derselben Pflanze findet man in der Regel alle Uebergänge dieser Formen. Ist die Wand der Zelle mit Porenkanälen versehen, so nennt man das Gefäß getüpfelt. Ist der Porenkanal in wagrechter Richtung langgestreckt, und der Tüpfelraum, zwischen den beiden Porenkanälen zweier benachbarten Zellen, nicht wie bei dem eigentlich getüpfelten Gefäß linsenförmig, sondern dem spaltenförmigen Porenkanal entsprechend, ebenfalls langgestreckt, so hat man es mit einem Treppengefäße zu thun. Das Spiralgefäß und seine Modifikationen entstehen, wie es scheint, überall zuerst; sie sind die ersten Bildungen im Gefäßbündel, das getüpfelte Gefäß entwickelt sich erst später, wenn die Bildung der Spiralgefäße bereits aufgehört hat (bei der Eiche, Buche u. s. w.) Die Linde, der Faulbaum und einige andere Pflanzen haben getüpfelte Gefäße mit einem Spiralbande. Die Holzzelle vom Taxus ist getüpfelt und gleichzeitig mit einem Spiralbande versehen.

Die Holzzelle ist von Anfang an langgestreckt; sie entsteht

Fig. 14. Theil eines netzförmig verdickten Gefäßes der wilden Balsamine (Impatiens noli tangere). a und b die Grenzen der Zellen, welche das Gefäß zusammensetzen.

durch Längstheilung einer Cambiumzelle; ihre Wand verdickt sich und verholzt, ihre Enden verlängern sich zu einer Spitze, ihre Verdickungsschichten treten häufig in spiralförmiger Anordnung auf. Zwischen den Porenkanälen zweier Holzzellen liegt in der Regel, wenn nicht überall (?), wie bei vielen Gefäßzellen, ein Tüpfelraum (Vgl. Fig. 11, S. 23). Die Holzzellen sind gleich den Gefäßen nur in ihrem Jugendzustand mit Zellsaft erfüllt, später führen sie wie diese Luft. Die Holz- und die Gefäßzellen bilden niemals neue Zellen, niemals entsteht in ihnen Stärkmehl oder irgend ein Pflanzennahrungsstoff. Das Holz unserer Nadelbäume besteht nur aus Holz- und Markstrahlzellen; hier fehlen die Gefäße gänzlich. Das Holzparenchym, bei einigen Pflanzen, z. B. der Eiche, vorkommend, findet sich nur im Gefäßbündel; es besteht aus verholzten, weniger langgestreckten, nicht zugespitzten Zellen, welche oftmals Kohlenhydrate z. B. Stärkmehl, auch Harz u. s. w. enthalten.

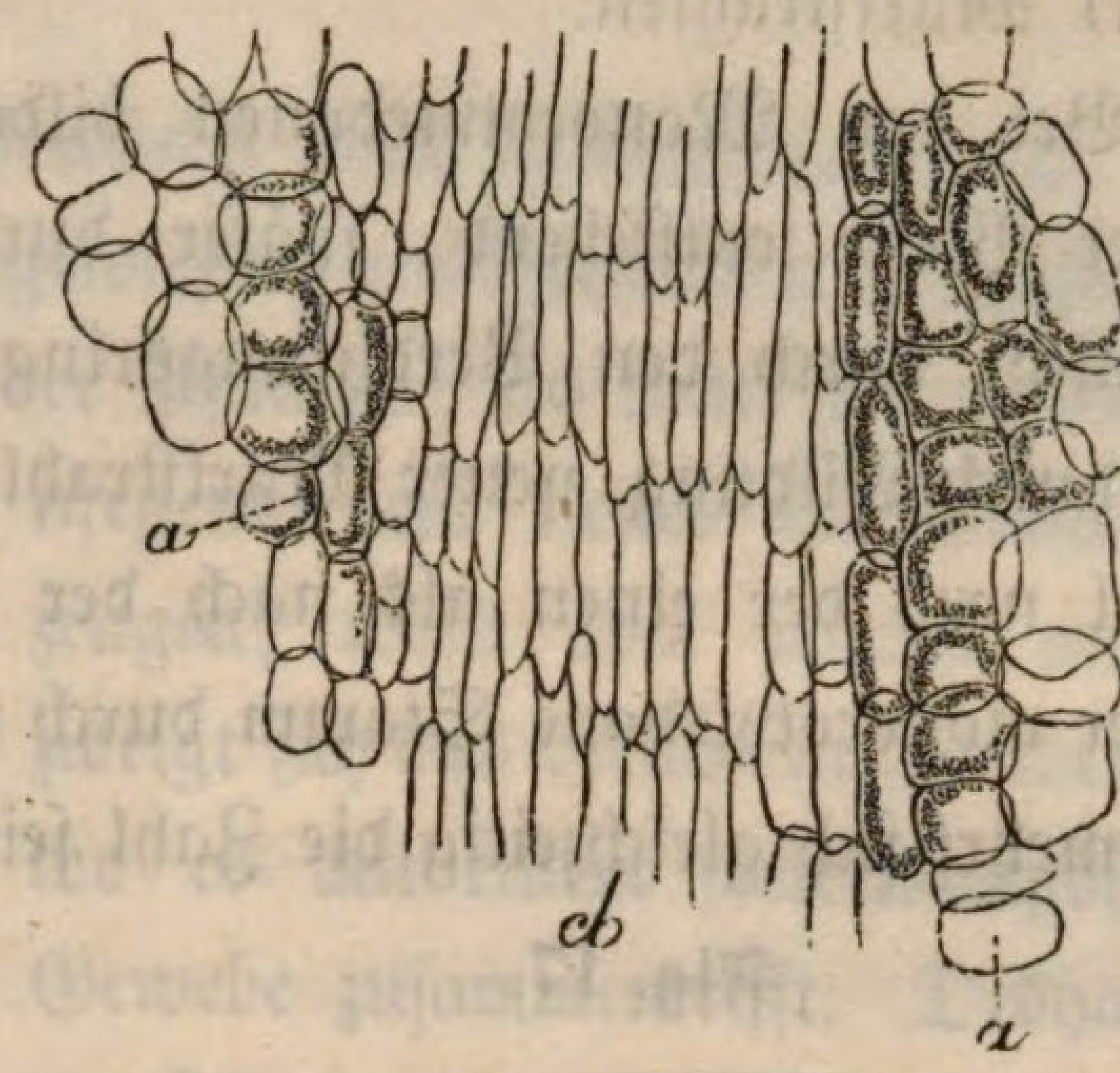
Die Bastzellen, ebenfalls dem Gefäßbündel angehörig, und wie alle Theile desselben aus dem Cambium hervorgegangen, sind meistens langgestreckte und stark verdickte Zellen, die wohl mit feinen Porenkanälen aber niemals mit eigentlichen Tüpfeln versehen sind; ihre Verdickungsschichten zeigen in der Regel eine sehr zierliche Spiralstreifung und zwar wechselt die Richtung der verdünnten Stellen sehr häufig in den verschiedenen Schichten. Die Bastzellen führen, wenn sie nicht verholzen, für ihr ganzes Leben Zellsaft. Der Caoutchouc und die Alkaloide werden in ihnen erzeugt. Bei den Wolfmilcharten enthalten sie sogar eigenthümlich geformte Stärkmehlkörner. Einige Bastzellen werden sehr lang, z. B. die Faser des Leins und Hanfes; sie werden technisch sehr wichtig (Fig. 15). Verzweigte Bastzellen finden sich bei verschiedenen Pflanzen; sehr schön in der Rinde der Tanne.

Die Cambiumzellen des Gefäßbündels (Fig. 16) sind schwach verdickt und langgestreckt, sie dienen entweder der Bildung neuer Zellen und dem aufsteigenden Saftstrom zugleich, oder dem letzteren ausschließlich.

Fig. 15.



Fig. 16.



Bei den Dicotyledonen, wo der Verdickungsring fortwährend thätig bleibt, dienen sie als Theil desselben beiden Zwecken. Das Gefäßbündel wächst durch sie nach beiden Seiten in die Dicke; anfänglich (im Querschnitt) nur eine kleine runde Gruppe bildend, wird letztere immer größer, sie zerklüftet sich, es entstehen in ihr neue (secundaire) Markstrahlen, die aber nicht mehr wie die ursprünglichen Markstrahlen das Mark und die äußeren Theile der Rinde erreichen, vielmehr im Innern des Gefäßbündels aufhören. Durch diese Art des Wachsthums der Gefäßbündel entsteht der Holzring, entstehen die

Fig. 15. a Theil eines Baumwollenfadens (Gossypium); durch seine platte, gewundene Gestalt erkennbar. Die Baumwolle ist keine Bastzelle, sie ist ein Haargebilde der Samenschale. b Theil einer Leinfaser (Linum). c Theil einer Hanffaser (Cannabis). Beide sind, unter Wasser gesehen, nicht gewunden, auf dem Querschnitt (d und e) erscheinen sie stark verdickt und nicht so plattgedrückt als die Baumwolle. (200 mal vergrößert).

Fig. 16. Partie aus dem Längsschnitt durch die Gefäßbündel-Anlage im Keim der Dattel (Phoenix dactylifera). a Nahrungsgewebe. cb Cambiumzellen.

Jahresringe (Vgl. Abschnitt IV) und die später gebildeten (secundairen) Markstrahlen.

Bei den Monocotyledonen bildet sich das Gefäßbündel, in gleicher Weise entstehend, später durchaus anders fort; es wächst hier nicht durch den Verdickungsring in die Breite, zerklüftet sich nicht durch Bildung neuer Markstrahlen, dagegen verzweigt es sich, sowohl nach der einen als nach der andern Richtung hin. Wenn sich der monocotyledone Stamm durch seinen Verdickungsring verdickt, so vermehrt sich gleichzeitig die Zahl seiner Gefäßbündel. Der Querschnitt eines monocotyledonen Stammes zeigt deshalb niemals einen geschlossenen, von wahren Markstrahlen durchsetzten, Holzring, dagegen jederzeit zerstreute, meistens runde Gruppen, die durch Verzweigung vermehrten Gefäßbündel (Fig. 17). Die beliebten Schirmstöcke, aus Palmholz gedreht, zeigen diese zerstreuten Gefäßbündel in besonderer Schönheit; die Härte der schwarzen, streifenartig das hellere Gewebe durchsetzenden Partieen wird durch die stark verdickten, dunkel gefärbten Holzzellen dieser Gefäßbündel bedingt. Die Gefäßbündel der kryptogamen Gewächse verhalten sich ähnlich wie bei den Monocotyle-

Fig. 17.

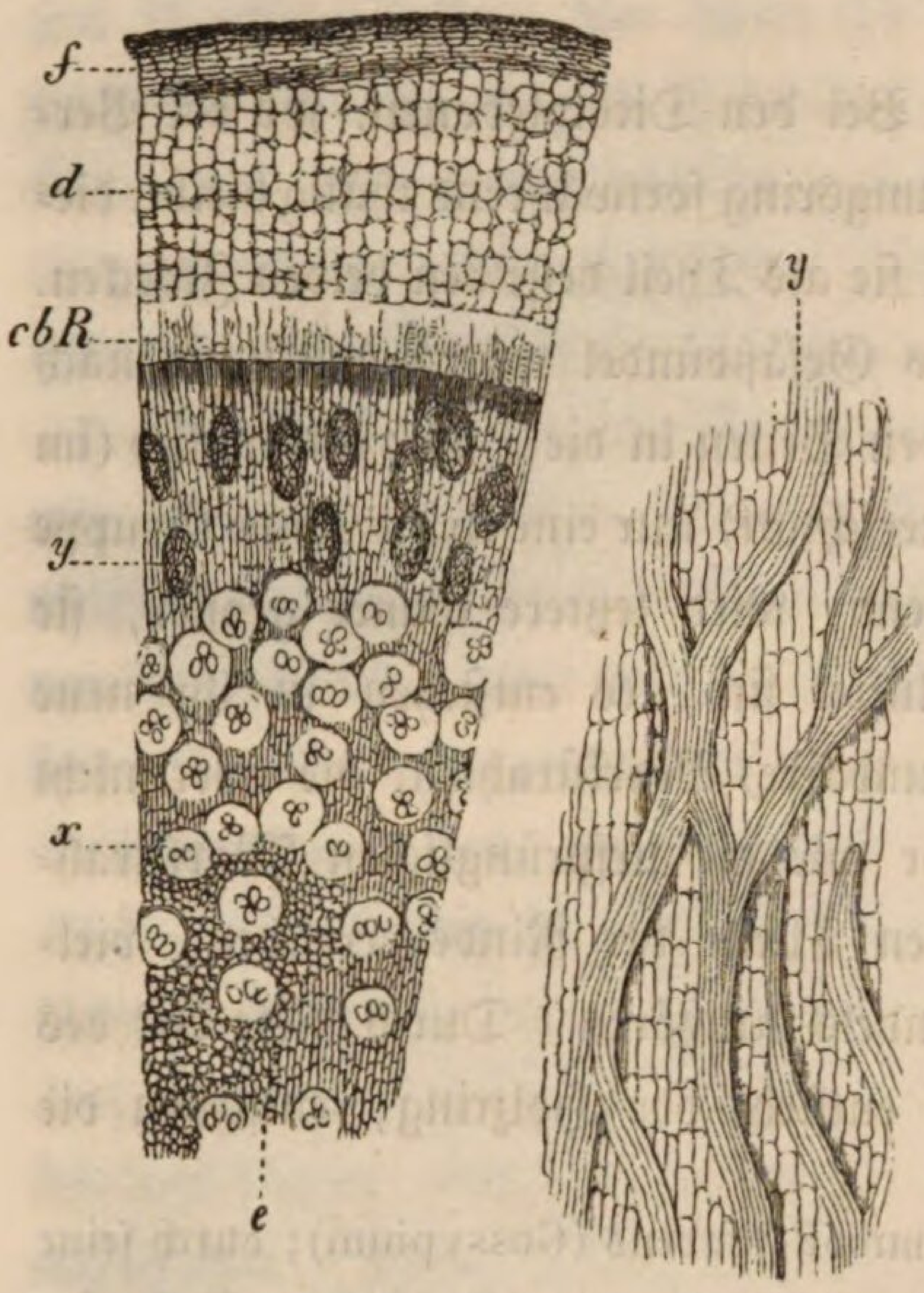


Fig. 17. Querschnitt und tangentialer Längsschnitt eines Zweiges vom Drachenbaum (Dracaena). f Korkschicht. d Rinde. cb R Verdikkungsring. y Die Gefäßbündel des äußeren Theiles. x Die Gefäßbündel des inneren Stammtheiles, zu einer Zeit entstanden, als sich der letztere noch verlängerte. e Mitte (Mark) des Stammtheiles.

donen, auch sie wachsen nicht in die Breite, vermehren sich dagegen durch Theilung.

Die Gefäßbündel aller Gewächse ohne Ausnahme bilden, wie ich mit großer Bestimmtheit nachgewiesen, gewissermaßen ein zusammenhängendes System innerhalb der Pflanze. Es kann sich unabhängig nirgends ein neues Gefäßbündel erzeugen, wohl aber wächst und verzweigt sich das Gefäßbündel überall da, wo es mit einem fortbildungsfähigen Gewebe zusammentrifft. Deshalb bilden sich, wo ein Blatt, wo eine Stamm- oder eine Wurzelknospe entsteht, gleichzeitig vom Gefäßbündel-System ausgehend, neue Gefäßbündel-Zweige für diese jungen Theile bestimmt.

Fig. 18.

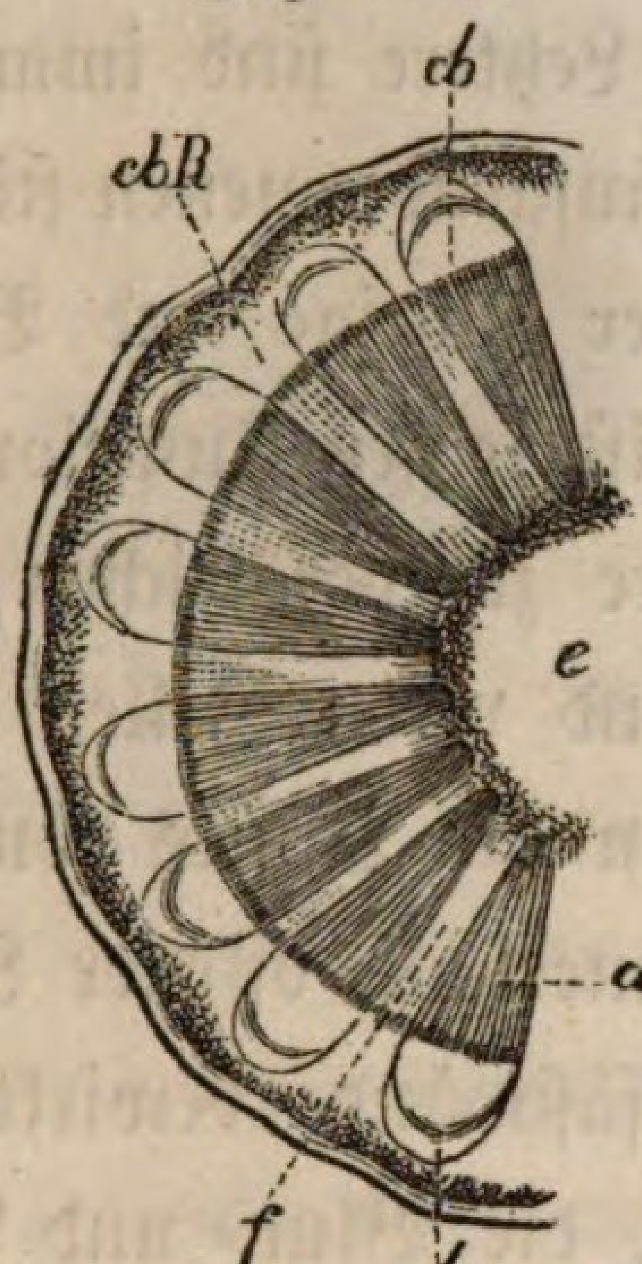
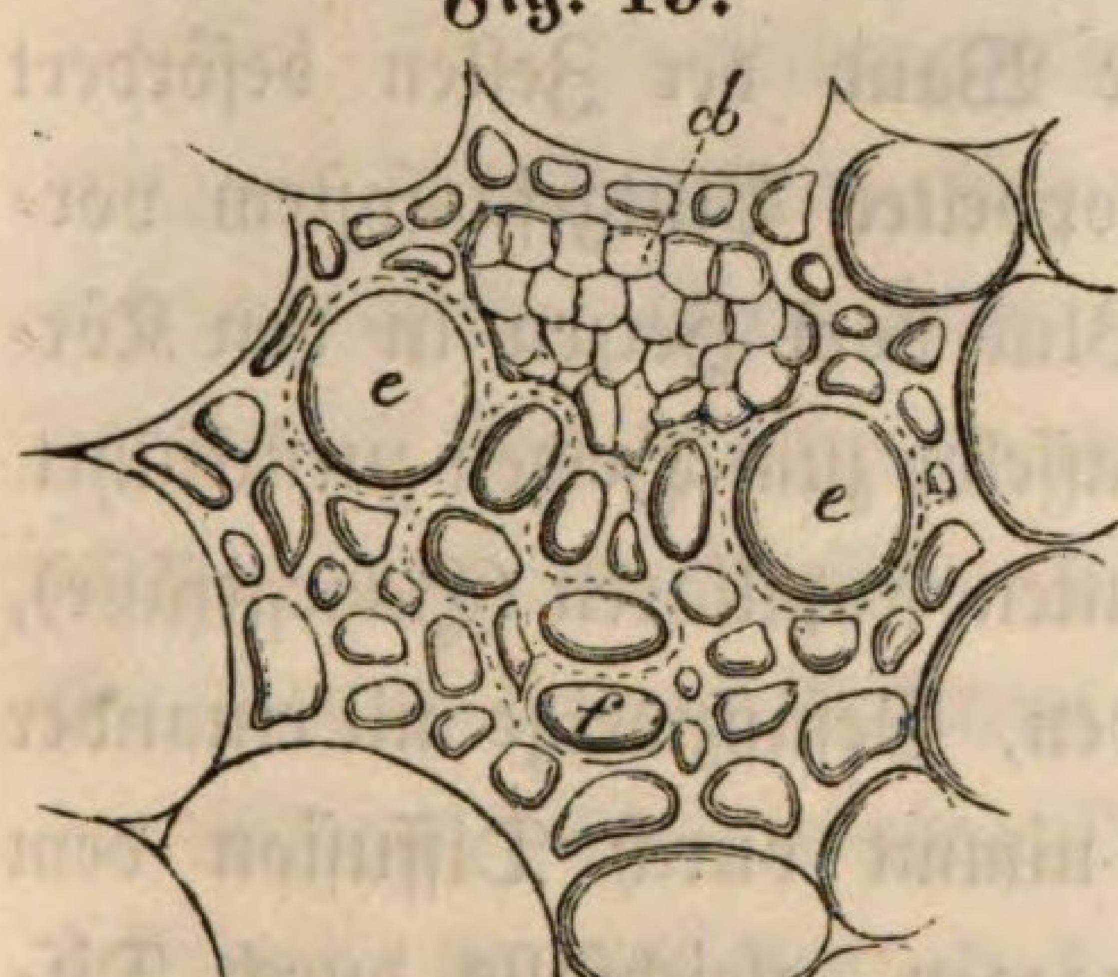


Fig. 19.



Das Cambium der Gefäßbündel fällt bei den Dicotyledonen (Fig. 18) mit dem Verdickungsring zusammen, es ist deshalb von letzterem schwer zu unterscheiden. Nur bei der gemeinen Nessel kann man das Leben beider gesondert verfolgen*). Bei den Monocotyledonen liegen die Cambiumzellen in der Mitte des Gefäßbündels, von Gefäßen u. Holz- oder Bastzellen umschlossen (Fig. 19);

Fig. 18. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Zweig von Cocculus laurifolius. a Holzkörper des Gefäßbündels, b Basttheil desselben, cb Cambium des Gefäßbündels. cbR Verdickungsring. e Mark. f ursprünglicher (primairer) Markstrahl. (25 mal vergrößert.)

Fig. 19. Querschnitt eines Gefäßbündels aus dem Halm des Hafers (Avena). cb Cambium. e Weite Gefäßzellen. f Engere Spiralgefäße. (200 mal vergrößert.)

*) Ich verweise hier auf S. 250 meiner Pflanzenzelle.

bei den Kryptogamen liegen dagegen die Gefäße in der Mitte des Bündels, von den Cambiumzellen umgeben, wirkliche Holz- und Bastzellen scheinen hier überall zu fehlen. — Die Cambiumzellen sind unbedingt die wichtigsten Elemente des Gefäßbündels, sie fehlen niemals; dagegen kennen wir sogar sehr hoch entwickelte Pflanzen (Najas, Caulinia, Ceratophyllum, Epipogum), deren Gefäßbündel nur aus Cambiumzellen besteht. Letztere sind immer mit Saft erfüllt, sie führen den von der Wurzel aufgenommenen stickstoffreichen Saft bis in die höchsten Spitzen der Zweige und Blätter.

Das Gefäßbündelsystem der Pflanze ist seiner Function nach allerdings mit dem Gefäßsystem der Thiere zu vergleichen, seine Saftführung wird jedoch durch die Zellwand vieler Zellen (durch Diffusion) vermittelt, während die Circulation des Blutes von einem Centralorgan, dem Herzen, ausgehend, innerhalb offener Röhren durch Contraction des Herzens und der Gefäßwände bewirkt wird. In den Gefäßen der Thiere werden Zellen, die Blut- und Lympfkügelchen, durch den ganzen Organismus geführt, bei der Pflanze können nur lösliche Stoffe durch die Wand der Zellen befördert werden. Bei den Thieren ist ein doppeltes Blutgefäßsystem vorhanden, ein arterielles, welches das Blut vom Herzen in den Körper treibt, und ein venöses, welches dasselbe zum Herzen zurückführt. Beide Systeme sind durch die sogenannten Capillaren (Haargefäße), die zartesten, alle Gewebe durchziehenden, Gefäßzweige mit einander verbunden. Das thierische Gewebe nimmt durch Diffusion dem Blute, was es braucht, es scheidet dagegen, gleichfalls durch Diffusion, andere Stoffe ab. Das arterielle Blut ist deshalb anders zusammengesetzt als das venöse; schon seine Farbe zeigt diese Verschiedenheiten. Das letztere ist ärmer an Sauerstoff, dagegen reicher an Kohlenstoff. — Die Gefäßbündel der Pflanze führen nicht zu einem Centralorgan, welches überhaupt fehlt, zurück, sie verlieren sich entweder im fortbildungsfähigen Gewebe jeder Stamm- und Wurzelknospe, oder sie verschwinden in den Zähnen der Blätter. Wir kennen deshalb in der Pflanze mit Sicherheit keinen abwärts

steigenden Saftstrom, vermuthen jedoch, daß ein solcher durch das Nahrungsgewebe, vielleicht auch durch die jungen Bastzellen der Gefäßbündel, erfolgt.

Wenden wir uns jetzt zum Oberhautgewebe. Dasselbe ist je nach seiner Function verschieden. Dient es zur Aufnahme flüssiger Stoffe von außen, z. B. im Keimling, den ein Sameneiweiß umgiebt, oder in den jungen Theilen einer Wurzel, so sind seine Zellen zartwandig, sie saugen die Nahrungsstoffe in flüssiger Form, entweder aus dem sie umgebenden Zellengewebe oder aus dem Boden. Die Wurzelhaare sind verlängerte Zellen dieses Oberhautgewebes. Ist das letztere bestimmt, nach außen flüssige Stoffe abzuscheiden, z. B. auf der Narbe, im Staubwegkanal oder in der Fruchtknotenhöhle, so ist es ebenfalls zartwandig. Die Narbenhaare der Pflanzen gehören der Oberhaut. Dient die letztere dagegen weder zur Aufnahme noch zur Abscheidung flüssiger Stoffe, so ist sie ganz anders gebaut. Ihre Zellen sind dann in der Regel dickwandiger, namentlich ist die Außenseite der letzteren häufig stark verdickt. Die Verdickungsschichten, meistens von sehr feinen Porenkanälen durchbrochen, sind in diesem Falle häufig in Korkstoff umgewandelt. Eine solche Oberhaut verhindert die Verdunstung, sie macht aber gleichzeitig auch die Aufnahme gas- und dunstförmiger Stoffe unmöglich. Wir finden ein derartiges Gewebe, eine Epidermis, auf Blättern und jungen Zweigen, aber niemals an der Wurzel. Eine wahre Epidermis ist in der Regel mit Spaltöffnungen versehen, d. h. zwischen ihren Zellen liegen, meistens etwas vertieft, 2 zartwandige, niemals verholzende oder verkorkende, Zellen, die zwischen sich einen kleinen Raum frei lassen (Fig. 20). Unter diesen Spaltöffnungen liegt eine mit Luft erfüllte Höhle, die sogenannte Athemhöhle (b). Durch den Raum zwischen den beiden Spaltöffnungszellen, vielleicht auch durch die Wand der letzteren selbst, wird die Aufnahme dunst- und gasförmiger Stoffe, desgleichen deren Abschneidung vermittelt. Die meisten in der Luft wachsenden Blätter haben nur an der Unterseite Spaltöffnungen,

die auf dem Wasser schwimmenden Blätter, z. B. der weißen Seerose (Nymphaea), tragen dagegen ihre Spaltöffnungen nur auf der Oberseite; untergetauchte Blätter, z. B. der Potamogeton-Arten, u. s. w. besitzen keine Spaltöffnungen.

Fig. 20.

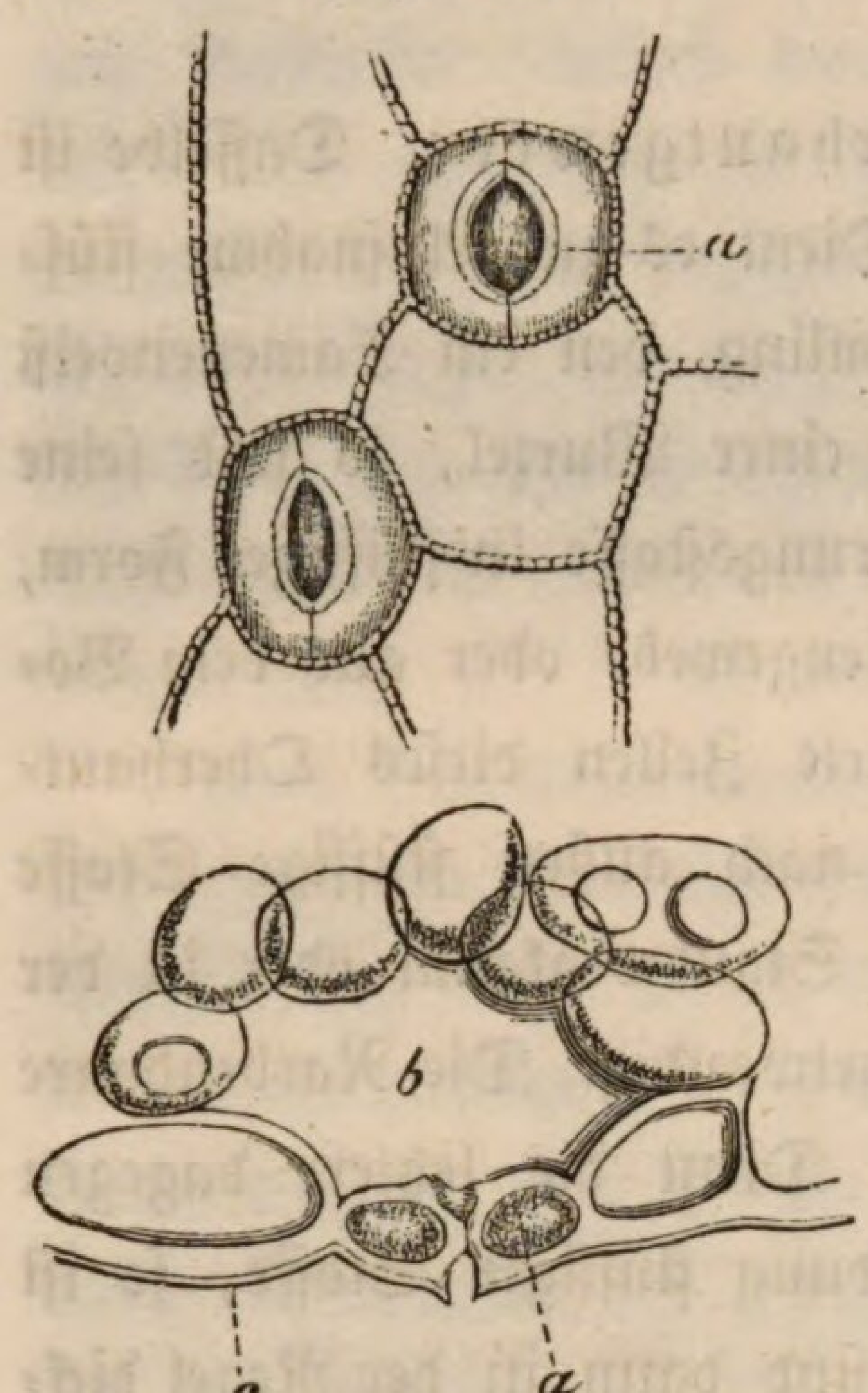
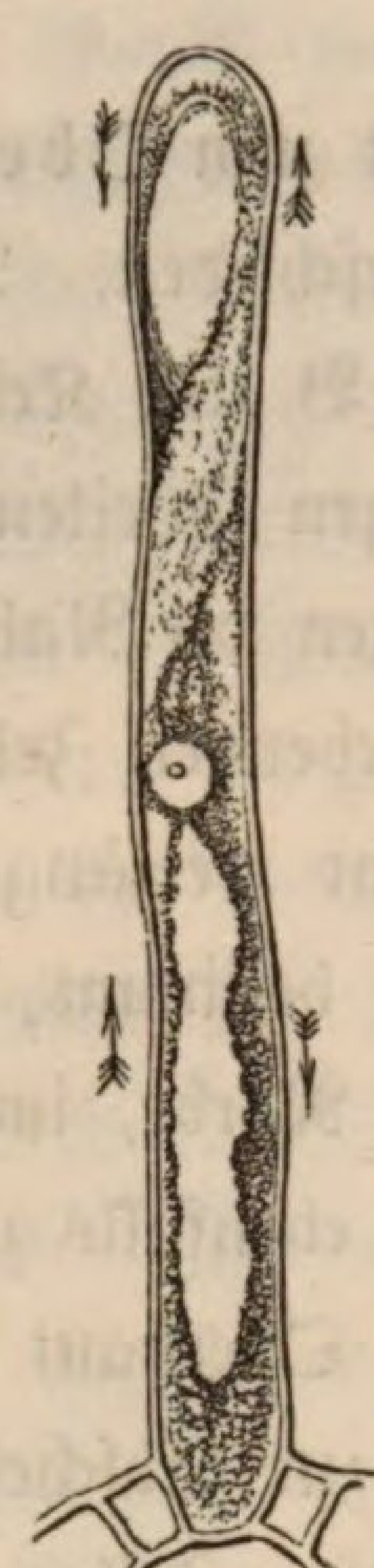


Fig. 21.



Die **Haare**, (Fig. 21) **Schuppen**, **Drüsen** rc. sind ebenfalls Gebilde der Oberhaut. Es sind Organe, entweder bestimmt, die Oberfläche der Pflanze zu vermehren, und demnach für atmosphärische Nahrung zu sorgen (die eigentlichen Haare und Schuppen), oder die Ausscheidung gewisser flüssiger Substanzen zu befördern (z. B. die Harzdrüsen der Birke; die Drüsen der Erle, welche eine klebrige bitterschmeckende Flüssigkeit aussondern). Die Haare sind oftmals verzweigt, sie bestehen aus einer oder aus vielen Zellen; ihre Wand verdickt und verkorkt sich bisweilen. Die Wurzelhaare sind dagegen immer zartwandig; sie bestehen, soweit mir bekannt, immer aus einer Zelle, verzweigen sich nur selten (bei einigen Laub- und Lebermoosen) und sterben in der Regel frühzeitig mit der Oberhaut der Wurzelrinde ab.

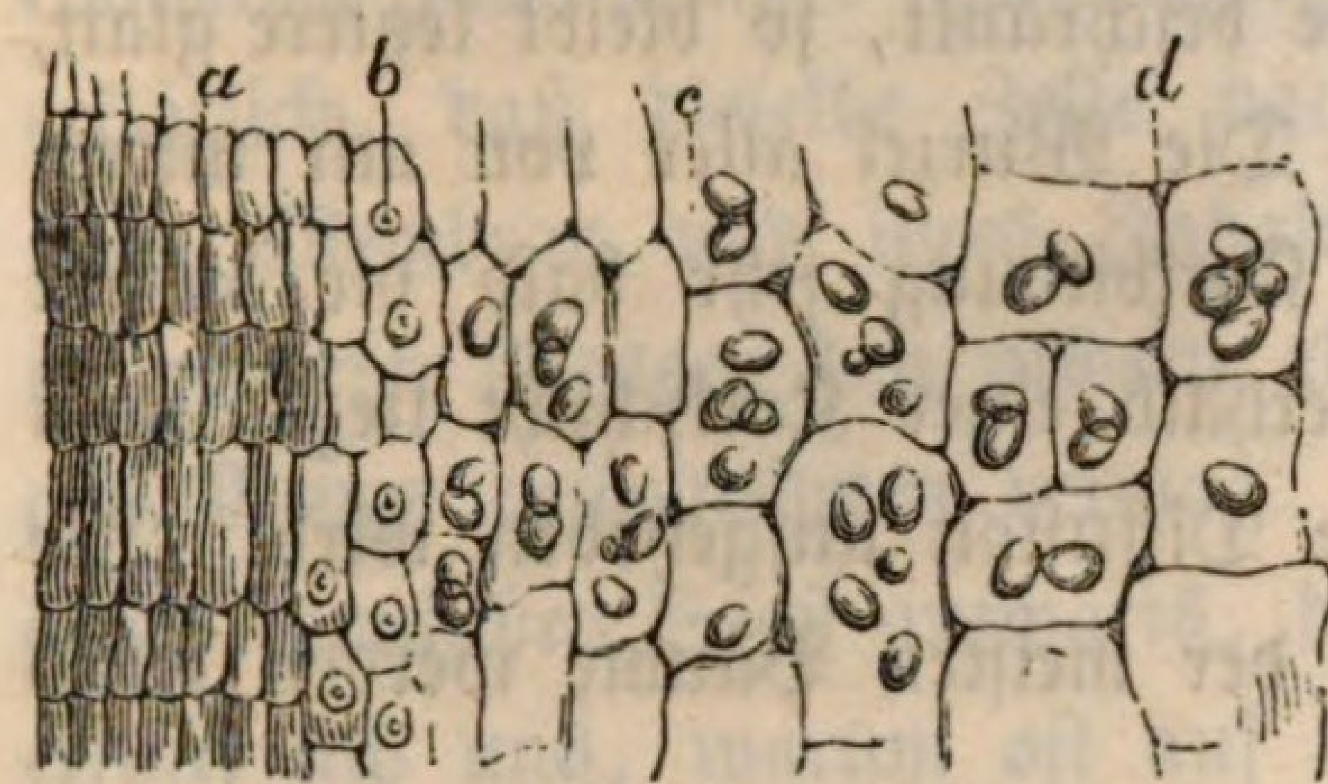
Unter der Oberhaut, oder sogar in ihren Zellen entsteht der

Fig. 20. Oberhaut der Unterseite des Blattes der Bocks-Orchis (Himantoglossum) von oben gesehen, desgleichen im Querschnitt durchs Blatt. a Die Spaltöffnung. b Die Athemhöhle unter derselben. c Zelle der Oberhaut. (200 mal vergrößert.)

Fig. 21. Haare vom Fruchtknoten der Nachtkerze (Oenothera muricata). (200 mal vergrößert.)

Kork; die erstere stirbt ab, sobald sich der letztere ausgebildet hat, weil er den Saftaustausch vollständig hindert. Es giebt zwei Arten des Korkgewebes, der gemeine Kork (Suber) und der Lederkork (Periderma). Beide bestehen aus tafelförmigen Zellen; beide bilden sich schichtenweise fort, indem eine ihrer Zellenreihen, entweder fortwährend, oder mit Unterbrechungen neue Zellen bildet. Der gemeine Kork (Fig. 22) hat eine sehr kurze Lebensdauer, seine Zellen sind sehr schwach verdickt, er wuchert dagegen in der Regel stärker als der Lederkork. Auf der Rinde der Korkeiche, der Korkrüster, des Korkahorns findet man ihn sehr ausgebildet. Der Lederkork hat eine ungleich größere Verbreitung, seine Zellen haben eine viel längere Lebensdauer, ihre Wandung verdickt sich. Der Lederkork ist dehnbar, er bekommt nicht leicht Risse wie der eigentliche Kork. Wir finden ihn bei allen Bäumen mit glatter Rinde, besonders schön bei der Birke und beim Kirschbaum, wo er pergamentartig abblättert; ferner bei der Buche und Tanne, wo er nicht abblättert.

Fig. 22.



Beide Korkarten enthalten im ausgebildeten Zustande in der Wandung ihrer Zellen Korksubstanz, ihr flüssiger Inhalt verschwindet, sie bilden, wie es scheint, keine Nahrungsstoffe für die Pflanzen, sind vielmehr bestimmt, die Oberfläche derselben vor Verdunstung zu schützen. Der gemeine Bouteillenkork ist bekanntlich das beste Verschlußmittel für Flüssigkeiten. — Die eigentliche Oberhaut der Pflanze wird niemals reproducirt, wo sie verletzt wird, tritt statt

Fig. 22. Längsschnitt aus dem Rindengewebe einer jungen Kartoffelknolle (Solanum tuberosum). a Der Kork. b Die Zellen, durch welche sich derselbe fortbildet. c Nahrungsgewebe mit Stärkmehlkörnern erfüllt. d Intercellularraum. (50 mal vergrößert.)

ihrer Kork auf. Ueber alle Wundflächen der Pflanze verbreitet sich der letztere, unter seinem Schutz vernarbt die Wunde.

Nach der Art und Weise, wie sich der Kork innerhalb der Rinde fortbildet, richtet sich die Beschaffenheit der letzteren; wenn er gruppenartig die Rinde durchsetzt, so bilden sich Borkenschuppen, wie bei der Kiefer und der Platane; wenn seine Bildung sich dagegen nur auf die Oberfläche der Rinde beschränkt, so bleibt letztere glatt, wie bei der Buche und Tanne. Die Wurzel aller von mir untersuchten Pflanzen verliert durch Korkbildung sehr bald die äußere Rindenpartie. Alles, was außerhalb einer Korkschicht liegt, muß absterben, weil durch letztere die Diffusion aufgehoben wird. Die Blätter des Drachenbaums und der meisten Bäume werden durch Korkbildung abgeworfen.

Jede Zellenart und demnach jedes bestimmte Gewebe hat in der Pflanze seine bestimmte Function. — Wir haben in der höheren Pflanze einen sehr complicirten Organismus erkannt, dessen Bau sich nach den Verhältnissen, unter denen die Pflanze lebt, richtet. Das im Wasser lebende Gewächs ist anders gebaut, als die auf das Land angewiesene Pflanze. In der Hauptsache sind sich aber dennoch alle höheren Gewächse gleich; alle besitzen ein Gefäßbündelsystem (bei einigen Laub- und Lebermoosen zeigt sich dasselbe zuerst), in dessen Cambiumzellen der stickstoffreiche, von der Wurzel aufgenommene Saft emporsteigt, ferner ein Nahrungsgewebe, das die Kohlenstoffverbindungen für die Zwecke der Pflanze vorarbeitet, und endlich ein Oberhautgewebe, das zunächst die Aufnahme der Nahrung aus dem Boden und der Luft besorgt, und zugleich dunst- und gasförmige, vielleicht auch flüssige Stoffe wieder abgiebt.

Nur durch den ungleichen Werth der Zellen läßt sich das Leben der Pflanzen erklären. Die eine Zellenart verbraucht diesen Stoff, die andere jenen, die eine Zellenart verwerthet denselben Stoff anders als die andere. Durch Diffusion entzieht die eine Zelle der anderen bestimmte lösliche Stoffe, es entsteht ein fortwährender Saftaustausch in bestimmter Weise durch die ganze Pflanze.

Directe Versuche mit pflanzlicher Membran, mit der Zellenwand einer einzelligen Alge, der Caulerpa prolifera, zeigten mir, daß, wenn eine Glasröhre, die Zuckerwasser enthielt, mit dem Blatte dieser Alge versperrt, in Wasser getaucht ward, das letztere zum Zuckerwasser herübertrat, daß dagegen, wenn Weingeist dieselbe Röhre erfüllte, der letztere durch die Membran der Caulerpa zum Wasser hinüberging. Es ist demnach sehr wohl erklärlich, daß dieselbe Zelle nach der chemischen Beschaffenheit ihrer Membran und ihres Inhaltes den einen chemischen Stoff in größerer Menge, den andern aber gar nicht oder nur in geringer Menge aufzunehmen vermag. Dieselbe Zelle kann ferner den einen chemischen Stoff aufwärts, den andern abwärts führen. So erklärt sich uns, warum oft auf bestimmte Zellenreihen das Vorkommen gewisser Stoffe beschränkt ist, z. B. das Vorkommen der Krystalle in der Nähe der Bastbündel vieler Baumrinden (bei den Laub- und den Nadelhölzern). Es erklärt sich ferner, warum die Pflanze durch ihre Wurzelhaare den einen ihr im Boden löslich dargebotenen Stoff in größerer Menge als andere löslich vorhandene Substanzen aufnimmt.

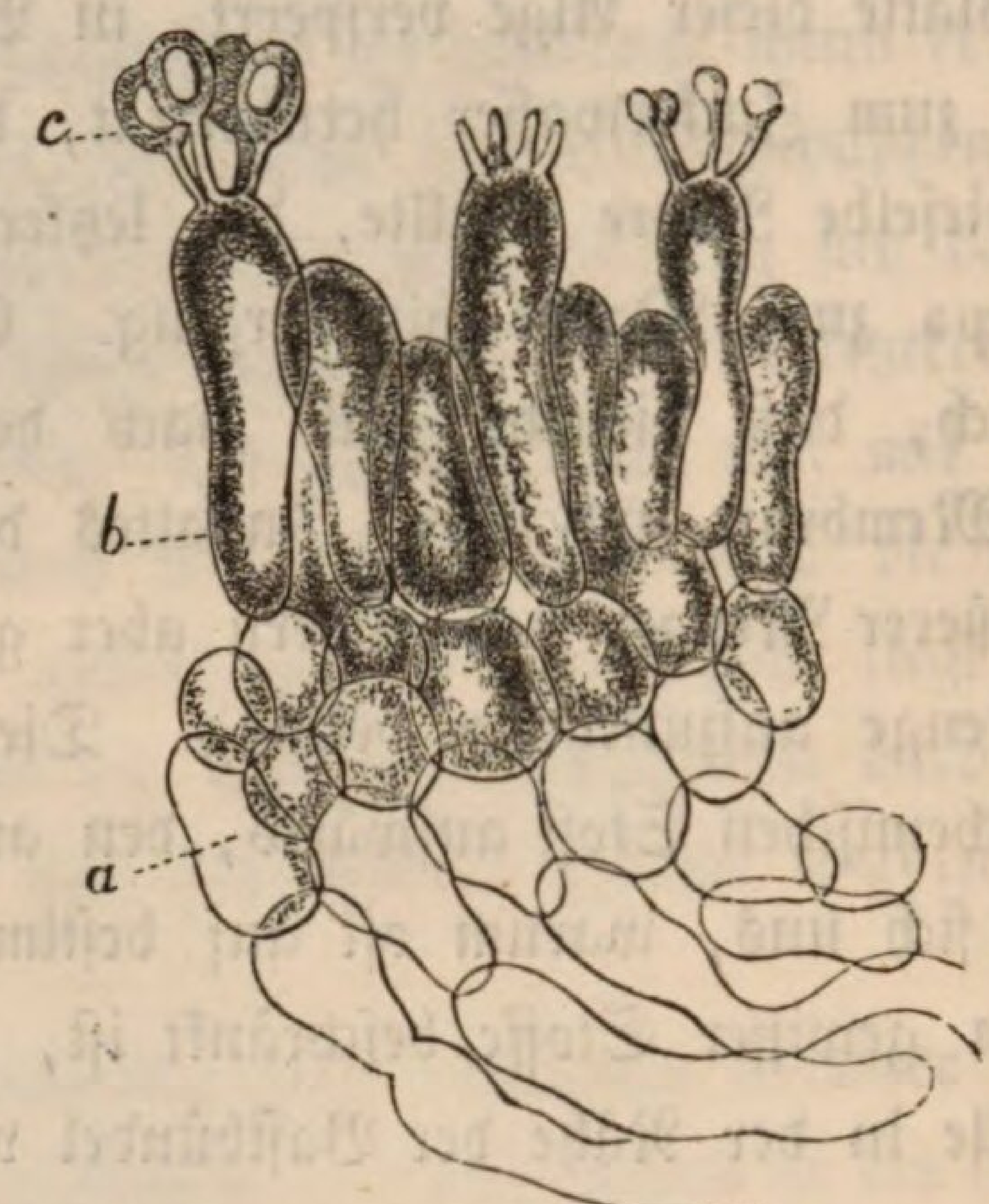
Die Pilze und Flechten, ohne eigentliche Wurzel, ohne wahren Stamm und ohne Blätter, aus einer einzigen, ihnen eigenthümlichen Zellenart, aus vielfach verzweigten, durch einander geschlungenen Zellenfäden bestehend, zeigen trotz der anatomischen Uebereinstimmung ihres Gewebes, dennoch ungleichwerthige Zellen. Die Endglieder ihrer Zellenfäden entwickeln sich nach bestimmten Regeln zu Fortpflanzungszellen, die entweder Schläuche mit einer bestimmten oder unbestimmten Anzahl Samen bilden, welche später entlassen werden, z. B. bei den Peziza-Arten, bei der Morchel und bei den Flechten (Fig. 23), oder innerhalb einer Ausstülpung ihrer Membran je einen Samen entwickeln, der anfänglich gestielt, z. B. bei den Hutpilzen, (Fig. 24) sich später vom Fruchtschlauch abschnürt. Unter dem Fruchtlager der Pilze und Flechten ist das Gewebe dichter und reicher an stickstoffhaltiger Substanz, es ward deshalb bisher

vielfach für eine besondere Gewebeschicht gehalten. Bei den Pilzen und Flechten ist wahrscheinlich jede Zelle fähig, der Luft und dem

Fig. 23.



Fig. 24.



Boden Nahrungsstoffe zu entnehmen, aber nicht jede Zelle kann zum Fruchtschlauch werden. Bei sehr vielen Flechten findet sich Blattgrün in bestimmten runden Zellen, welche durch Abschnürung aus dem Fadengewebe entstehen. Die Wand dieser mit Blattgrün erfüllten Zellen wird durch Jod- und Schwefelsäure blau gefärbt, obschon das Fadengewebe derselben Flechten aus einem Zellstoff besteht, der nicht diese Färbung annimmt, während der Zellstoff im Fruchtlager dieser Pflanzen direct in Stärkekleister übergeht, und schon durch Jodlösung für sich blau gefärbt erscheint.

Bei den Algen, welche nur im Wasser leben, kennen wir

Fig. 23. Mutterzelle der Sporen (Samen) einer Flechte (Borrera ciliaris) von Saftfäden (Paraphysen) umgeben. a b und c Sporen in verschiedener Entwickelung. (400 mal vergrößert.)

Fig. 24. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle des Fliegenschwammes (Amanita). a Uebergang des fadenförmigen Pilzgewebes in runde Zellen. b Sporenschlauch (Basidie). c Sporen, kurz vor der Abschnürung vom Sporenschlauch. (400 mal vergrößert.)

ebenfalls nur eine Zellenart. Die niedrigsten Pflanzen dieser Gruppe bestehen, gleich dem Gährungspilz, entweder wirklich nur aus einer Zelle (die Protococcusarten, häufig als grüner oder brauner Anflug in Wasserkaraffen) oder aus Zellenfäden und Zellenflächen, wo jede Zelle einen durchaus gleichen Werth besitzt (bei den Wasserfäden (Conferva, Spirogyra, Ulothrix, Ulva u. s. w.). Hier kann nach Umständen eine jede Zelle sowohl als Ernährungs-, wie als Fortpflanzungsorgan auftreten, hier scheint jede Zelle nur für sich zu sorgen, jede unabhängig von der andern ihr eignes nicht beschränktes Leben zu führen. Bei Ulothrix, einer Fadenalge, in Gebirgsbächen zu Hause, fand ich die Querwand solcher Zellen aus Holz- oder Korkstoff bestehend, während die Seitenwand aus reinem Zellstoff bestand; es scheint hier demnach wirklich kein Saftaustausch von einer Zelle zur andern stattzufinden. Bei den höheren Algen, z. B. den Tangarten, die oftmals als riesenartige, vielgestaltige Büsche dem Meeresgrund entwachsen, und deren Asche früher einzig und allein die Soda lieferte, ist dagegen eine Wechselwirkung vieler Zellen mit einander unverkennbar; der ungleiche Werth der Zellen tritt hier schon in ihrer Gestalt und Anordnung deutlich hervor.

Das Leben aller aus mehreren oder vielen Zellen zusammengesetzter Pflanzen beruht somit auf dem gesetzmäßigen Zusammenwirken ihrer ungleichwerthigen Zellen; der Tod einer oder mehrerer Zellen kann unter Umständen den Tod der ganzen Pflanze zur Folge haben.

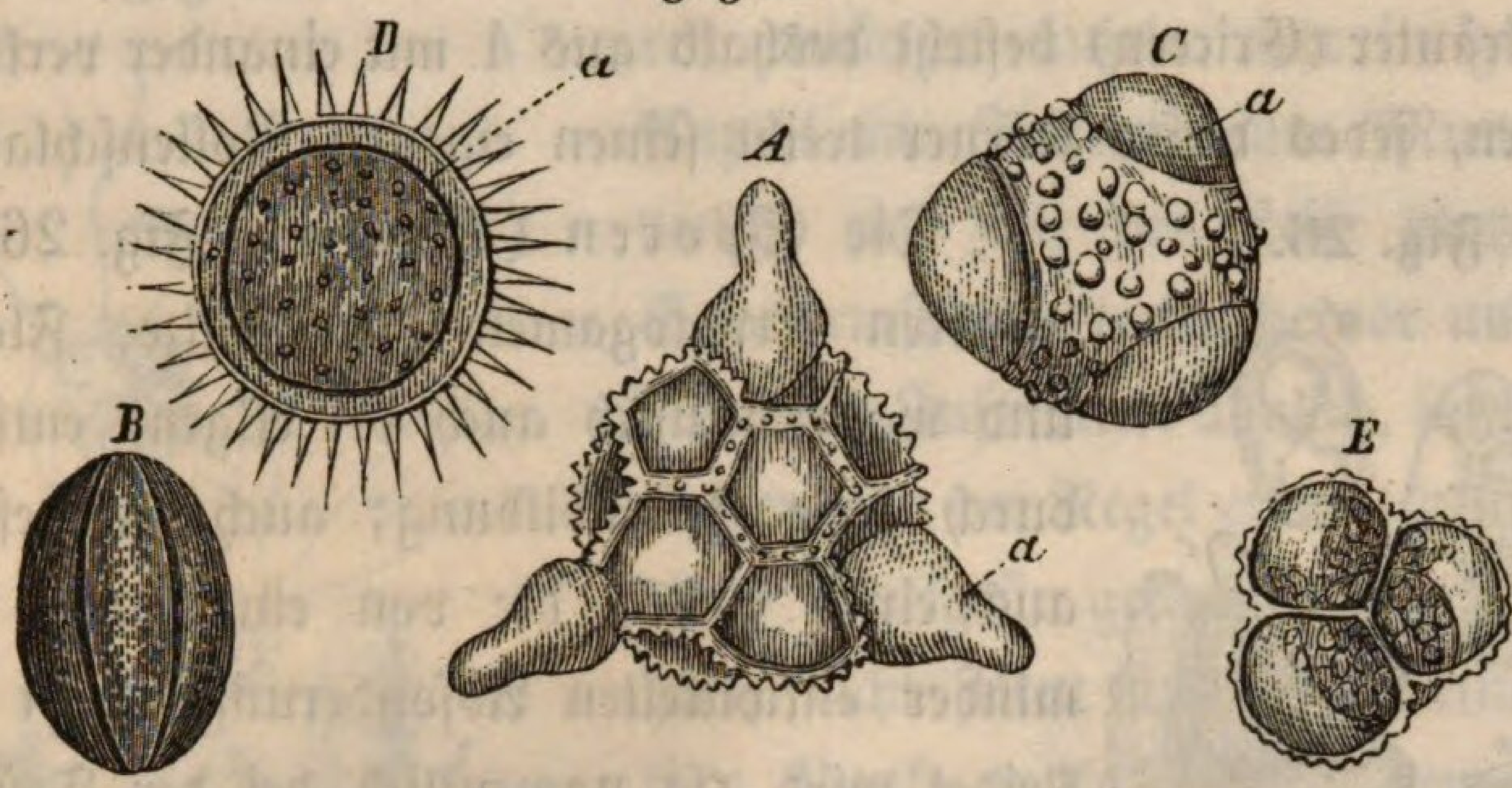
Der Fortpflanzung der höheren Gewächse dienen bestimmte Zellen. Bei den Phanerogamen ist es der Blüthenstaub (der Pollen), durch den sich im Innern der Samenknospe der Keim des künftigen Pflänzchens entwickelt. Bei den Kryptogamen sind es die Sporen, dem Blüthenstaub äußerlich, sowie ihrer Entstehungsweise nach, sehr ähnlich, welche aus sich, d. h. ohne einer Samenknospe zu bedürfen, entweder unmittelbar eine neue Pflanze erzeugen (die Pilze, Flechten und Algen), oder zur Bildung einer vollstän-

digen Pflanze der Einwirkung eines eigenthümlichen Gebildes, des Schwärmfadens, bedürfen (alle höheren Kryptogamen). Diese Schwärmfäden bilden sich entweder gleichzeitig mit den Sporen an der Mutterpflanze (bei Laub- und Lebermoosen, desgleichen bei Chara) oder sie entwickeln sich erst auf einer flächenartigen Bildung, dem Vorkeime, welcher als erstes Product der Keimung aus der Spore entsteht. Der eigentliche Keim der jungen Pflanze entwickelt sich alsdann auf demselben Vorkeime in einem zweiten Organe, welches ich Keimorgan genannt (bei den Farrnkräutern und Schachtelhalmen). Die Bärlapp-Pflanzen (Lycopodiaceen) und die Rhizocarpeen bilden zweierlei Sporen, große und kleine. In den letzteren entstehen Schwärmfäden, aus ersteren bildet sich ein Vorkeim, in dessen Keimorgan sich die Anlage zur jungen Pflanze entwickelt.

Suminsky beobachtete im Jahre 1847 die Keimung der Farrnkräuter. Nägeli, Mettenius, Milde und vor allem Hofmeister erwarben sich um die Entwickelungsgeschichte der höheren Kryptogamen große Verdienste. Der letztere verfolgte mit unermüdlicher Ausdauer und mit entschiedenem Glücke den Keimungsprozeß durch alle Gruppen dieser Abtheilung. Wie der Schwärmfaden auf die freie Zelle im Keimorgan, welche man als Ei bezeichnen könnte, einwirkt, wissen wir dessenohngeachtet nicht bestimmt. Suminsky's Ansicht, daß der Schwärmfaden selbst innerhalb des Keimorgans zur neuen Pflanze werde, hat sich nicht bestätigt; dagegen läßt sich der Einfluß der Schwärmfäden auf die Entwickelung der jungen Pflanze nicht bezweifeln; wenn die Schwärmfäden fehlen, entsteht im Keimorgan kein junges Pflänzchen. Die Befruchtung der höheren Kryptogamen steht demnach auf demselben Standpunkt als die thierische Befruchtung, wo wir das nothwendige Zusammentreffen des Eies mit ähnlichen beweglichen Fäden, den sogenannten Samenthieren, zur Bildung eines Thierkeims ebenfalls nicht leugnen können, dagegen über die Art ihrer Einwirkung durchaus gar nichts Bestimmtes wissen.

Der **Blüthenstaub** (Fig. 25) der meisten Pflanzen besteht

Fig. 25.

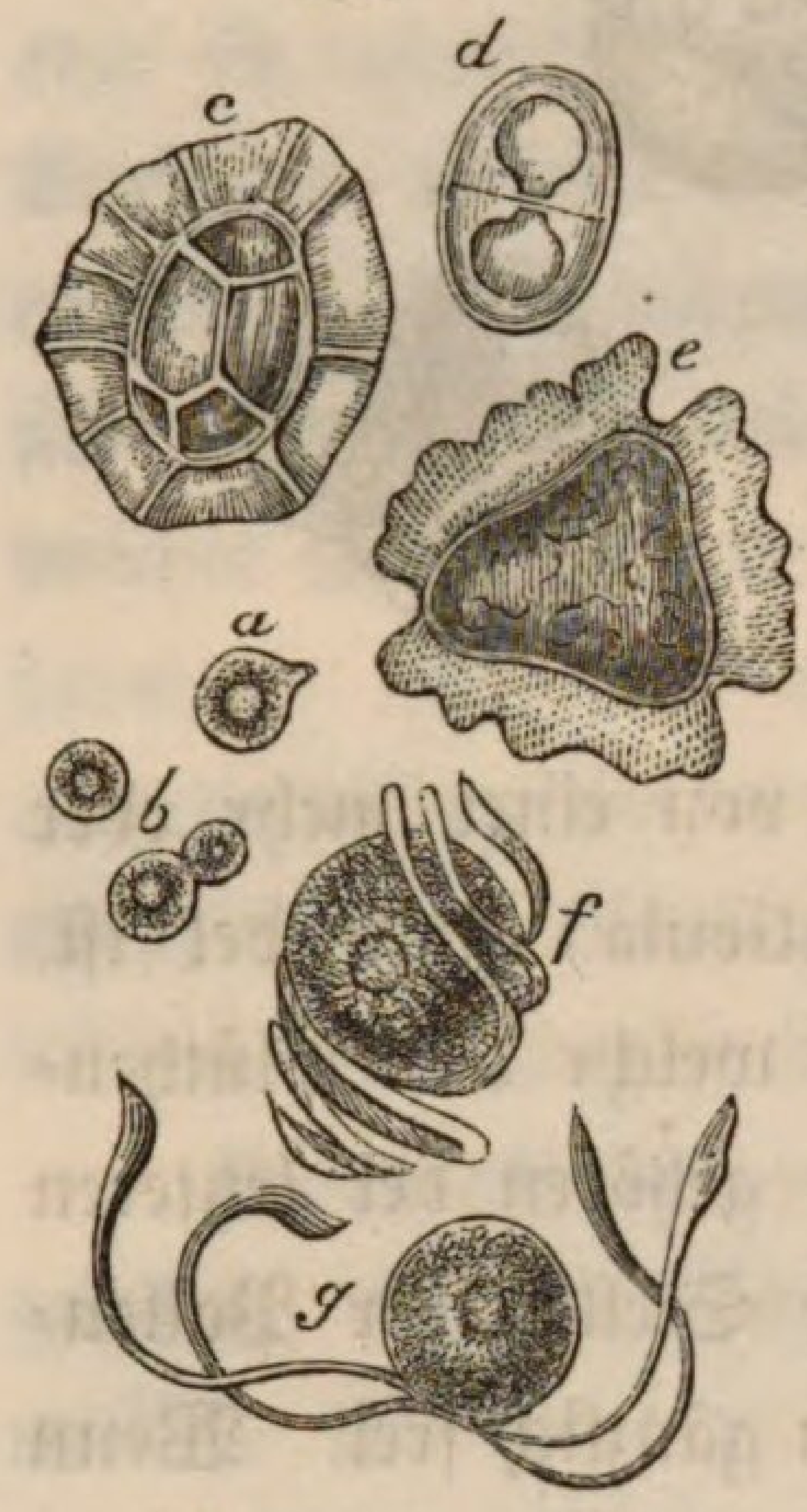


aus einer runden oder eckigen Zelle, welche von einer mehr oder weniger entwickelten Absonderungsschicht (Cuticula) umkleidet ist. Die zierlichen Stacheln, Leisten oder Streifen, welche dem Blüthenstaub bestimmter Pflanzen eigenthümlich sind, gehören der letzteren an; dieselbe überzieht in der Regel nicht alle Stellen der Pollenzellen gleichmäßig, sie läßt oft einzelne Stellen gänzlich frei. Wenn der Blüthenstaub durch den Wind oder durch Insekten verschleppt, auf die Narbe gelangt, so tritt an einer solchen Stelle die innere eigentliche Zelle schlauchartig hervor; letztere bildet den Pollenschlauch, der, durch die secernirenden Zellen des Staubwegkanals ernährt, in den Fruchtknoten und zur Samenknospe geleitet wird. Die Zelle des Blüthenstaubs ist immer mit einem Zellenkern versehen, sie enthält in der Regel Stärkmehl, Inulin, fette Oele u. s. w. Der Blüthenstaub entsteht durch directe Theilung des Inhaltes der Mutterzelle, es bilden sich fast überall 4 Pollenkörner innerhalb der letz-

Fig. 25. Blüthenstaub verschiedener Pflanzen. A Vom Wiesenbocksbart (Tragopogon pratense), unter Schwefelsäure gesehen. a Die hervortretende innere Pollenzelle, deren Ausdehnung später den Pollenschlauch bilden würde. B und C Blüthenstaub der Stechpalme (Ilex aquifolium). B Im trockenen Zustande, C unter Wasser gesehen. a Die innere Pollenzelle. D Ein Pollenkorn einer Malve (Lavatera) unter Citronenöl. E Ein Pollenkorn einer Orchis (Epipactis palustris). 400 mal vergrößert.

teren. Der Blüthenstaub der meisten Orchideen, desgleichen der Haidekräuter (Ericeen) besteht deshalb aus 4 mit einander verklebten Körnern, jedes dieser Körner treibt seinen eigenen Pollenschlauch.

Fig. 26.

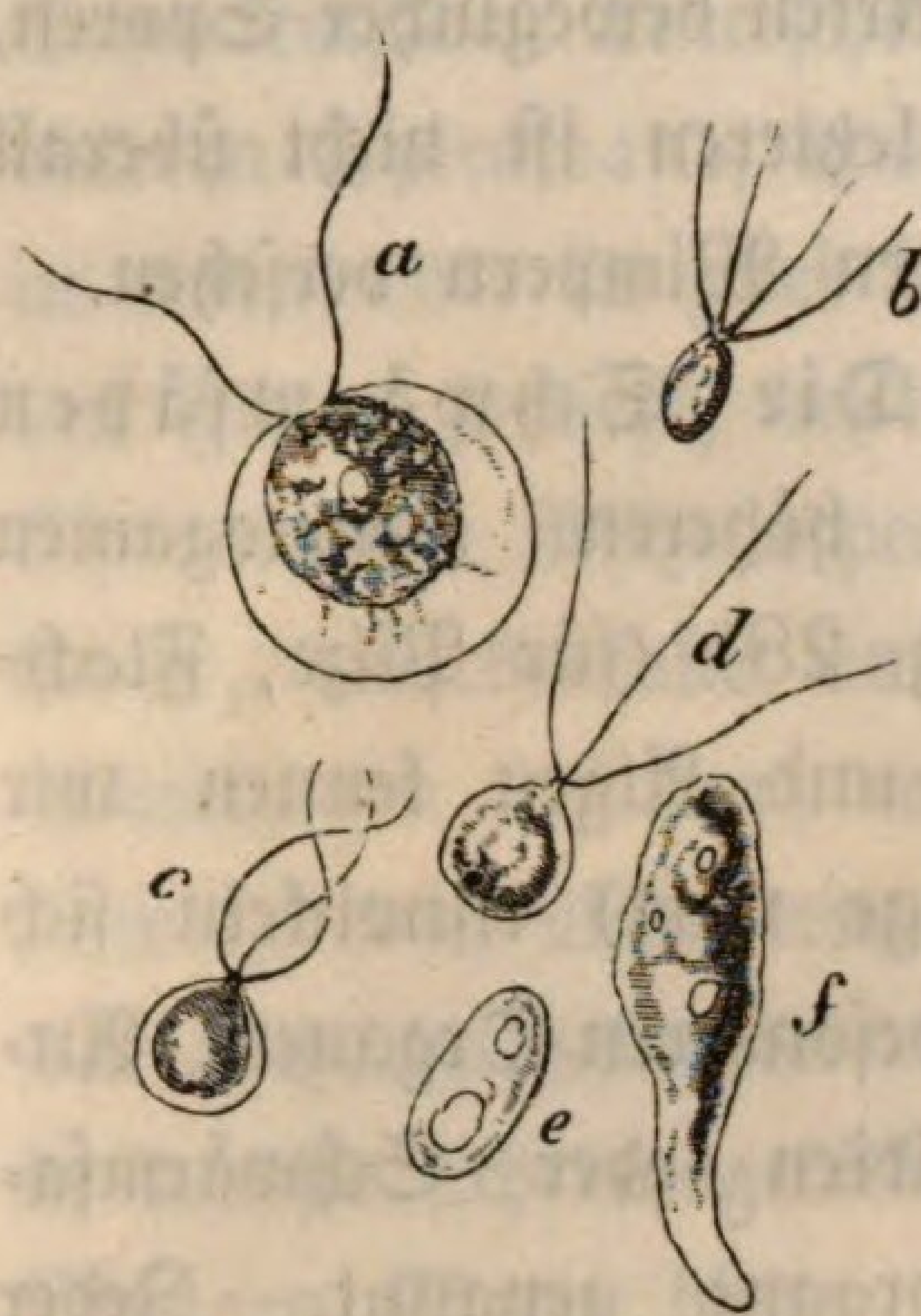


Die Sporen (Samen) (Fig. 26) der niederen Kryptogamen (der Pilze, Flechten und wahrscheinlich auch der Algen) entstehen durch freie Zellenbildung; auch sie bestehen aus einer Zelle, die von einer mehr oder minder entwickelten Absonderungsschicht umkleidet wird (so namentlich bei der Trüffel). Die Flechten besitzen zusammengesetzte, d. h. aus mehreren oder vielen Zellen bestehende Sporen. Bei den höheren Kryptogamen entstehen die Samen gleich dem Blüthenstaub zu 4 in einer Mutterzelle, sie gleichen dem letzteren auch im äußeren Ansehen mehr oder weniger, die Absonderungsschicht ist meistens sehr entwickelt; der Inhalt der Zelle ist von ähnlicher Beschaffenheit als beim Blüthenstaub. Wenn die Spore keimt, so wird die äußere Hülle oft in einer sehr bestimmten Weise durchbrochen. Die sogenannte Spore der Charen ist eigentlich ein Keimorgan, aus ihr wächst die junge Pflanze direct hervor; sie ist gleich den großen Sporen der Rhizocarpeen von einer zelligen Hülle umkleidet.

Die beweglichen Sporen (Schwärmsporen) (Fig. 27) der Algen haben in neuester Zeit großes Aufsehen erregt. Durch sie ist die Grenze zwischen Thier- und Pflanzenreich oftmals sehr

Fig. 26. Sporen verschiedener Kryptogamen. a Sporen des Fliegenschwammes (Amanita). b Der Gährungspilz des obergährigen Bieres. c Eine Spore der Trüffel (Tuber cibarium). d Die Sporen einer Flechte, aus 2 Zellen bestehend (Borrera). f u. g Sporen des Schachtelhalmes (Equisetum arvense). f Die beiden Verdickungsbänder der Mutterzelle sind noch nicht entfaltet, g die beiden Bänder als 4 keulenförmig angeschwollene, sehr hygroscopische, Fäden entfaltet.

Fig. 27.



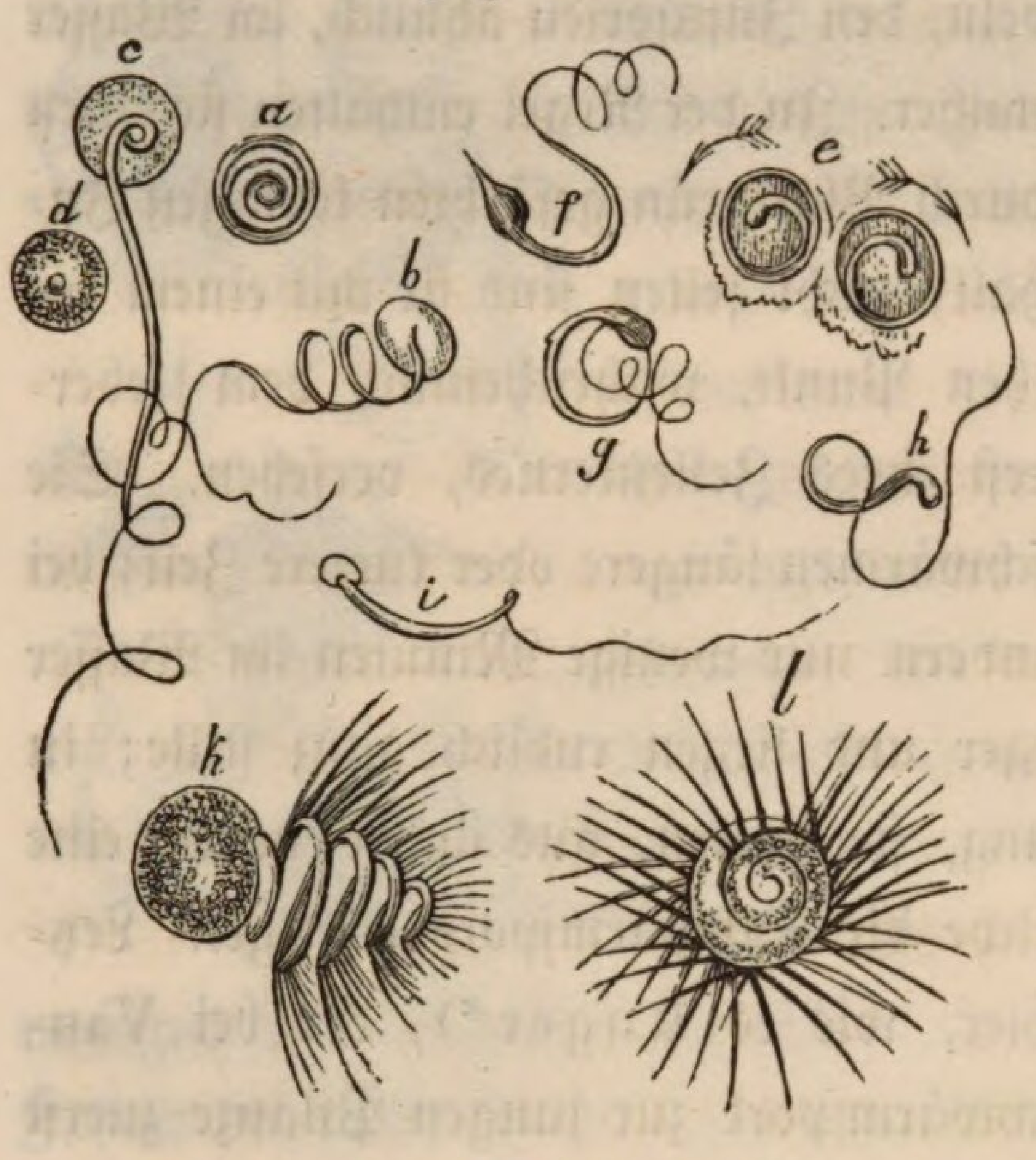
unsicher geworden. Die Schwärmsporen entstehen einzeln oder in größerer Anzahl im Innern einer Mutterzelle, welche zur Zeit der Reife platzt; die Schwärmsporen treten hervor und wirbeln, den Infusorien ähnlich, im Wasser umher. In der Regel enthalten sie einen durch Blattgrün gefärbten körnigen Inhalt; nicht selten sind sie mit einem rothen Punkt, wahrscheinlich dem Ueberrest ihres Zellenkernes, versehen. Sie schwärmen längere oder kürzere Zeit; bei einigen Arten tagelang, bei andern nur wenige Minuten im Wasser umher, werden allmälig ruhiger und liegen endlich ganz stille; in ihnen beginnt eine Zellenbildung, sie keimen, aus ihnen entsteht eine Alge, der Art angehörig, welche die Schwärmspore erzeugte. Letztere ist zu keiner Zeit ein Thier, wie es **Unger***), der bei Vaucheria den Uebergang der Schwärmspore zur jungen Pflanze zuerst vollständig beobachtete, anfänglich annahm, sie ist ein beweglicher Pflanzenkeim, der sobald er keimt seine Beweglichkeit verliert. — Als Bewegungsorgan dienen den Schwärmsporen schwingende Wimpern, deren Zahl und Stellung in der Regel sehr constant ist. Nach den Wimpern darf man zwischen Schwärmsporen, deren Oberfläche ganz mit letzteren bekleidet ist (Vaucheria) und solchen, welche nur an einer bestimmten Stelle Wimpern tragen, unterscheiden. Das letztere Vorkommen ist das häufigere. Die Schwärmspore von Oedogonium hat eine große Anzahl Wimpern. Chladophora, Chaetomorpha und viele andere bilden dagegen Schwärmsporen mit 2 Wim-

Fig. 27. Schwärmsporen einiger Algen. a Schwärmende Sporen von Chlamidococcus pluvialis. b Schwärmsporen von Stigeoclonium (nach getrockneten Präparaten). c — f Schwärmende sowie keimende Sporen von Ulothrix. (400 mal vergrößert.)

*) Unger, die Pflanze im Momente der Thierwerdung.

pern. Ulothrix hat nach der Art 3 oder 4 Wimpern u. s. w. Bei mehreren Algen kennt man jetzt zweierlei Arten beweglicher Sporen, größere und kleinere; die Keimung der letzteren ist nicht überall beobachtet, auch diese sind mit schwingenden Wimpern versehen.

Fig. 28.



Die Schwärmfäden der höheren Kryptogamen (Fig. 28) (für Pilze, Flechten und Algen kennen wir selbige nicht) entwickeln sich in besonderen Organen, Antheridien oder Schwärmfadenorgane genannt. Jeder Schwärmfaden entsteht im Innern einer Zelle und zwar aus dem Zellenkern derselben, der anfänglich rund, sich allmälig in einen spiralförmig aufgewundenen Faden umbildet. Wenn das Schwärmfadenorgan seine Reife erreicht hat, so öffnet es sich an seiner Spitze, die Zellen treten hervor, der Faden, den sie enthalten, macht sich frei und schwärmt munter im

Fig. 28. Schwärmfäden einiger höheren Kryptogamen. a bis d Von Pellia epiphylla (einem laubigen Lebermoose). a Der aufgerollte Faden innerhalb seiner Zelle. b Der Schwärmfaden in Bewegung. c Derselbe durch Jodzusatz zur Ruhe gebracht. d Die scheibenförmig zusammengefallene Zelle, welche sich bisweilen von dem Faden trennt. e bis l Schwärmfäden von Polytrichum commune (einem Laubmoose). e Der Faden sich innerhalb seiner Zelle um seine Axe drehend. f und g Der Faden sich im Wasser frei bewegend, nachdem seine Zelle zerflossen. i und h Der Faden als getrocknetes Präparat. k und l Schwärmfäden von Pteris serrulata (einem Farrnkraut) von der Seite und von Oben gesehen. Der Faden schleppt die Zelle, in welcher er entstand, als zarte Blase mit sich herum, seine letzten Windungen sind mit schwingenden Wimpern bekleidet.

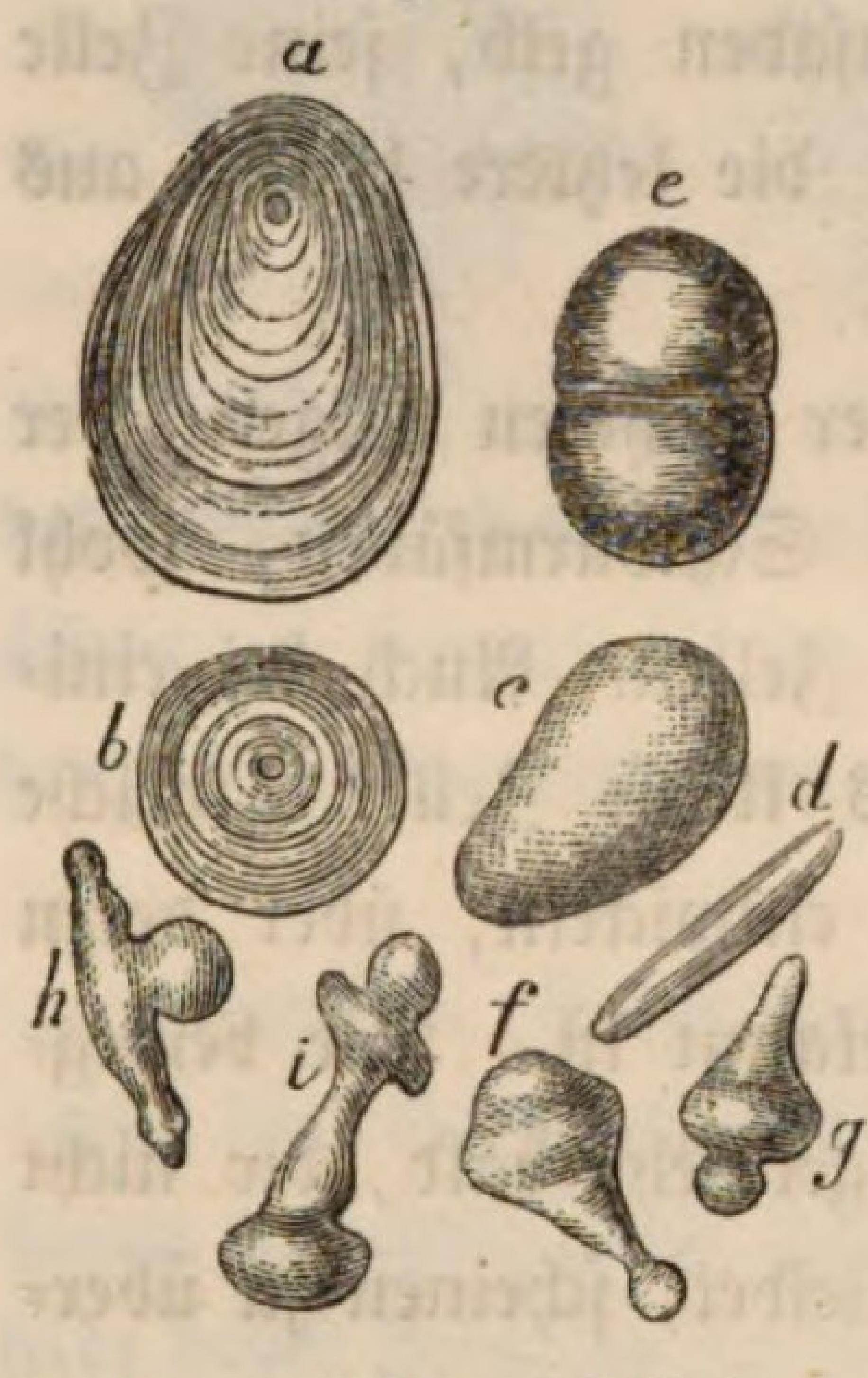
Wasser dahin. Man kann nach der Pflanzengruppe 2 Arten der Schwärmfäden unterscheiden: 1. Schwärmfäden, welche aus einem dickeren Spiralband, das 1½ bis 4 Windungen beschreibt und sich in einen oder in zwei lange, sehr zarte, hin und her schwingenden Fäden fortsetzt, bestehen (bei den Laub- und Lebermoosen, den Charen, den Rhizocarpeen und Lycopodiaceen) und 2. Schwärmfäden, die ebenfalls aus einem dickeren Spiralband von mehreren Windungen bestehen, welche in bestimmter Weise selbst mit vielen schwingenden Wimpern bekleidet sind (bei den Farrnkräutern und den Schachtelhalmen). Einige Schwärmfäden schleppen die Zelle, in der sie sich ausgebildet, entweder als Bläschen oder als scheibenförmigen Körper hinter sich her, bei andern zergeht diese Zelle im Wasser. Ich habe oft stundenlang das Spiel dieser niedlichen Fäden verfolgt. Ihre Bewegung bleibt immer innerhalb gewisser Grenzen dieselbe. Jod färbt den Schwärmfaden gelb, seine Zelle oftmals blau; der erstere ist stickstoffhaltig, die letztere besteht aus Pflanzenzellstoff.

In den sogenanten Artheridien der höheren Algen, der Tangarten u. s. w., entwickeln sich keine Schwärmfäden, wohl aber den kleineren Schwärmsporen ähnliche Zellen. Auch bei einigen Pilzen und Flechten kennt man bereits kleine Zellen, welche sich anders als die gewöhnlichen Sporen entwickeln, über deren weiteres Verhalten aber bis jetzt nichts bekannt ist. Die beweglichen Sporen der Algen keimen in der Regel sehr bald, die nicht beweglichen, oft mit einer starken Hülle bekleidet, scheinen zu überwintern und im nächsten Frühjahr ein neues Pflänzchen zu erzeugen. — So sorgt die Natur für alle ihre Kinder; sie vergißt sogar der kleinsten Alge nicht.

Wir haben nunmehr alle Zellenarten, die sich im Pflanzenreiche wissenschaftlich unterscheiden lassen, kennen gelernt. Ihre Kenntniß verdanken wir dem Mikroskop, das uns die Geheimnisse der Natur erschließt, indem es unserem Auge die kleinsten Verhältnisse in einem großen Maßstabe und mit einer entschiedenen

Deutlichkeit vorführt. — Kein Zweig der Naturwissenschaft, die Astronomie ausgenommen, kann des Mikroskopes entbehren: die Fortschritte der Naturwissenschaft sind an die Verbesserungen dieses Instrumentes mehr oder weniger geknüpft. — Die feinere Anatomie, sowie die Physiologie der Thiere und Pflanzen, wurden erst durch die großen Fortschritte der Optik zu selbstständigen Zweigen einer wahren Wissenschaft erhoben. Die Namen Schiek, Plößl, Amici, Robert, Oberhäuser und Bénéche, durch die Mikroskope ihrer Werkstätten bekannt, werden noch in späten Zeiten glänzen. Durch wichtige optische Verbesserungen und durch eine gänzliche Reformirung des Beleuchtungsapparates, sowie des Statives, hat namentlich Georges Oberhäuser in Paris das Mikroskop zu seiner jetzigen großen Vollendung gebracht.

Fig. 29.



Unter den im Nahrungsgewebe vorkommenden festen Erzeugnissen der Pflanzenzelle verdient insbesondere das Stärkmehl (Fig. 29), welches im Korn des Getreides, in der Kartoffel u. s. w. ein Hauptnahrungsmittel des Menschen und der Thiere liefert, unsere Aufmerksamkeit. Das Stärkmehlkorn scheint in allen Fällen aus Schichten zu bestehen, welche blasenartig um eine oftmals sehr kleine Höhle, die Centralhöhle oder den Kern, angeordnet sind. Diese Höhle liegt bei den jüngeren Stärkmehlkörnern der Kartoffel in der Mitte, bei den größeren, älteren Körnern dagegen seitlich, weil die später entstandenen Schichten nach der einen Seite verdickter als nach der andern auftreten. Die Gestalten der Stärk-

Fig. 29. Stärkmehlkörner aus verschiedenen Pflanzen. a Stärkmehlkorn der Kartoffel. b Westindisches Arrow root. c u. d Stärkmehl aus Curcuma zedoaria, platte Scheiben bildend; d von der Seite gesehen. e Aus der Sarsaparillwurzel. f und g aus der Knolle von Himantoglossum. h und i Aus der Bastzelle von Euphorbia antiquorum.

mehlkörner sind nach der Weise, in welcher sich die letzteren fortbilden, sehr verschieden. Am eigenthümlichsten erscheinen dieselben in den Milchsaft führenden Bastzellen vieler Wolfsmilcharten (Euphorbia). Bei einigen Pflanzen finden sich mehrere Stärkmehlkörner zu einer Druse verklebt, seltener erscheinen mit einander verwachsene Stärkmehlkörner; die äußeren Schichten umhüllen in letzterem Falle mehrere Körner. Das Stärkmehlkorn wird durch wässerige Jodlösung blau gefärbt, es quillt in kochendem Wasser blasenartig auf, ohne sich vollständig zu lösen, indem es den sogenannten Kleister bildet. — Das Inulin ist dem Stärkmehl verwandt, es wird durch Jod nicht blau gefärbt.

Das Blattgrün oder Chlorophyll tritt in verschiedener Gestalt, in der Regel jedoch in Kugelform auf; es bildet in solchem Falle meistens nur den Ueberzug der grün gefärbten Kugeln, welcher sich durch Weingeist entfernen läßt. Das Blattgrün erzeugt sich zunächst unter dem Einfluß des Lichtes; die Kartoffelknolle, längere Zeit ans Licht gelegt, wird grün; der Spargel, farblos die Erddecke durchbrechend, färbt sich alsbald schön grün. Nur selten, z. B. im Keime einiger Pflanzen, findet man Blattgrün ohne Lichtzutritt. Krystalle der verschiedensten Gestalt, oftmals sehr regelmäßig ausgebildet, erscheinen gleichfalls innerhalb der Zellen, und zwar zunächst im Nahrungsgewebe. In der Rinde unserer Bäume sucht man nach ihnen, so viel mir bekannt, niemals vergebens. Am häufigsten erscheinen sie dort in der Umgebung der Bastzellen; so bei der Eiche und bei der Erle. Diese Krystalle bestehen zum großen Theil aus schwefelsaurem und kohlensaurem Kalk; nicht minder häufig sind pflanzensaure Kalk- und Talksalze, z. B. oxalsaurer Kalk u. s. w. Im Gewebe der Orchydeen finden sich, innerhalb bestimmter größerer Zellen, Bündel langer, spießförmiger Krystalle, sogenannte Kaphiden, welche nach der Annahme einiger Chemiker aus oxalsaurem Kalk bestehen. Die Gestalt und das chemische Verhalten der Krystalle giebt über ihre Zusammensetzung Aufschluß. Die Bildung des Krystalls ist ein chemisch-physikalischer

Prozeß; diejenigen Salze, welche der Zellsaft nur in einer bestimmten Menge gelöst zu erhalten vermag, scheiden sich in fester Form, Krystalle bildend, aus. Der Krystall besteht durch seine ganze Masse aus einem chemisch gleichartigen Stoffe, er vergrößrt sich durch Anlagerung neuen Stoffs auf seine Außenfläche. Die Zelle besteht dagegen aus chemisch verschiedenen Stoffen, ihr Inhalt hat eine andere chemische Zusammensetzung als ihr Membran; selbst der Stärkmehlkorn ist durchaus anders gebaut als der Krystall, welcher überdies von geraden Flächen begrenzt ist.

In der Naturwissenschaft, die nur Bewiesenes annimmt, giebt es nur ein Wissen oder ein Nichtwissen. — Ich habe in diesem Abschnitt alles, was sich beweisen läßt, als positiv hingestellt, nicht aber überall die Belege selbst genügend liefern können, für selbige verweise ich auf mein größeres Buch „die Pflanzenzelle". Andererseits habe ich unsere Unwissenheit nie bemäntelt, nie versucht Wahrheiten, die uns noch fehlen, durch Hypothesen zu ersetzen. Wir stehen am Anfang des Wissens, es ist noch viel zu thun übrig. Der Weg den wir jetzt einschlagen, der Weg der nüchternen Forschung, ist der allein richtige, auf ihm wird und muß man weiter kommen. Die Natur antwortet gern, wenn man nur richtig fragt; aber man darf ihre Antwort nicht mit Hochmuth verschmähen, sobald sie nicht in das Hirngespinnst alter Vorurtheile oder Lehrsätze paßt. Man muß die Natur auf Schritt und Tritt belauschen und ihre Wahrheiten in einem dankbaren Herzen aufnehmen. Der Tempel Salomons ward nicht in einem Jahre gebauet, viel Steine waren zu seinem Erstehen nöthig; aus vielen getreuen Beobachtungen erbaut die Naturwissenschaft ihren Tempel, den Tempel der Wahrheit.

II.

Der Pflanzenkeim und das junge Pflänzchen.

Lockt uns des Frühlings Sonne in den Wald, so umgiebt uns neues Leben. Hoch in der Luft feiert mit fröhlichem Gesang die Lerche das Erwachen der Natur. Die Büsche grünen, des Baumes Knospe schwillt, tausend Pflanzenkeime entschlüpfen, unter Moos versteckt, dem feuchten Grund der Erde. Was des Winters Frost in Schlaf versenkte, erwacht durch die Wärme des Frühlings. Die Schlange verläßt ihren Schlupfwinkel, sich im ersten Strahl der Sonne wärmend, der erstarrte Frosch wird neu belebt, Bäche und Teiche sind von seinem Laich (seinen Eiern) getrübt. Storch und Schwalbe kehren heim zum alten Nest. Das Wild, im Winter sich mit schmaler Kost begnügend, von Moos, von Flechten oder Rinde lebend, ja bei starkem Schneefall oft dem Hungertode preisgegeben, weidet schaarenweise auf der waldumkränzten Wiese, sich am jungen Grase lechzend. Die Bäche mächtig angeschwollen, durch des Gebirges Schnee gespeist, stürzen brausend über Felsen herab, ihr weißer Schaum blitzert im Strahl der so freundlich scheinenden Sonne. — Alles feiert das Erwachen des Lebens in der Natur, alles begrüßt den lang ersehnten Frühling.

Der Lenz, der Lenz kam über Nacht
Und übet seine Zaubermacht
Am Halme wie am Stamme;
Er küßt die Erde, sie erglüht,
Und aus dem dunklen Schooße sprüht
Des Crocus Opferflamme*).

Die Knospe schlummert im Winter unter dem Schutze ihrer Deckschuppen, der Keim im Samen schläft gleichfalls. Die Lebensthätigkeit des Baumes erlischt mit dem Eintritt des Winters; die Blätter der Laubbäume fallen, Stamm, Zweige und Wurzeln wachsen während des Winters weder in die Länge noch im Umfang. Der Frühling kommt, die Knospe schwillt, junge Zweige mit jungen Blättern brechen aus ihr hervor; das Leben erwacht im Stamm wie in der Wurzel. Der Keim im Samen durchbricht seine Hülle, ein junges Pflänzchen schlüpft aus ihm hervor.

Was entfaltet die Knospe, was entfesselt den Keim? — Die Thätigkeit des neu erwachten Lebens. Wer weckt diese, für den Winter schlummernde, Thätigkeit? — Die Wärme und die Feuchtigkeit des Frühlings.

Der Mangrovebaum, an den sumpfigen Küsten tropischer Meere heimisch, keimt innerhalb der Frucht; erst das fußlange, cylindrische Pflänzchen löst sich vermöge seiner Schwere vom Baume und sinkt mit seinem spitzen Wurzelende in den Schlamm, um dort zum neuen Baume heranzuwachsen. Das Getreidekorn keimt im sehr nassen, warmen Herbst, zum Schaden des Landmannes, auf dem Acker, innerhalb der Aehre. Wärme und Feuchtigkeit sind in den beiden genannten Fällen die ersten Ursachen der Keimung; wie hier sind sie es überall. — Der Same einer einzelligen Pflanze (Chlamidococcus pluvialis A. Braun), jahrelang getrocknet, im Papier verwahrt, lebt, in Wasser gebracht, bei warmem Wetter innerhalb weniger Tage von neuem. Wärme und Feuchtigkeit erneuern auch

*) Sigismund. Lieder eines fahrenden Schülers. S. 61.

hier die jahrelang gehemmte Thätigkeit der Zellen. — Das Erwachen des Lebens in der für den Winter schlummernden Pflanzenwelt unserer Zone beruht demnach einzig und allein auf der Wärme und der Feuchtigkeit des Frühlings, der physiologische Proceß innerhalb der Zellen wird durch beide neu angefacht und unterhalten.

Aber warum keimen im Frühjahr nicht alle Samen zu gleicher Zeit; warum keimt die Tanne und die Buche früher als die Fichte, Kiefer und Lerche? — Diese Frage findet entweder in örtlichen Verhältnissen des Samens selbst, oder in seiner chemischen Zusammensetzung ihre Beantwortung. Auch die Beschaffenheit der Frucht- oder Samenschale, ob zart oder dick und holzig, kommt hier nicht wenig in Betracht.

Der Zapfen der Tanne läßt schon im Spätherbst seine Schuppen fallen, mit ihnen gelangen die Samen zur Erde. Die Buche öffnet gleichfalls im Herbst ihre Frucht. Des Winters Kälte verhindert die Keimung des Samens; noch ehe sich der Wald belaubt, bricht der Keim der Tanne und der Buche aus seiner Schale hervor, seine starke Wurzel dringt in den Boden, seine Keimblätter (Samenlappen) entfalten sich über der Erde. Die Zapfen der Kiefer, der Fichte und Lerche öffnen ihre holzigen Schuppen, die niemals von der Spindel des Zapfens fallen, erst durch die Sonnenwärme des Frühlings, der Same gelangt zur Erde, wenn junge Tannen und Buchen schon freudig grünen.

Samen, deren Keim oder deren Sameneiweiß Kohlenhydrate enthält, scheinen rascher zu keimen als solche, die viel fettes Oel enthalten. Das Getreidekorn, dessen Sameneiweiß von Stärkmehl strotzt, keimt bei warmem Wetter innerhalb 3 bis 4 Tagen. Die Eichel, deren Samenlappen gleichfalls mit Stärkmehl reich erfüllt sind, keimt, trotz ihrer ziemlich festen Fruchtschale, bei warmem und feuchtem Wetter, binnen 8 bis 10 Tagen. Die Samen der Nadelhölzer, im Eiweiß mehr fettes Oel als Stärkmehl enthaltend, liegen 14 Tage bis 3 Wochen, ehe ihre Wurzel die Samenschale durchbricht. Zahlreiche vergleichende Versuche würden hier zu inter-

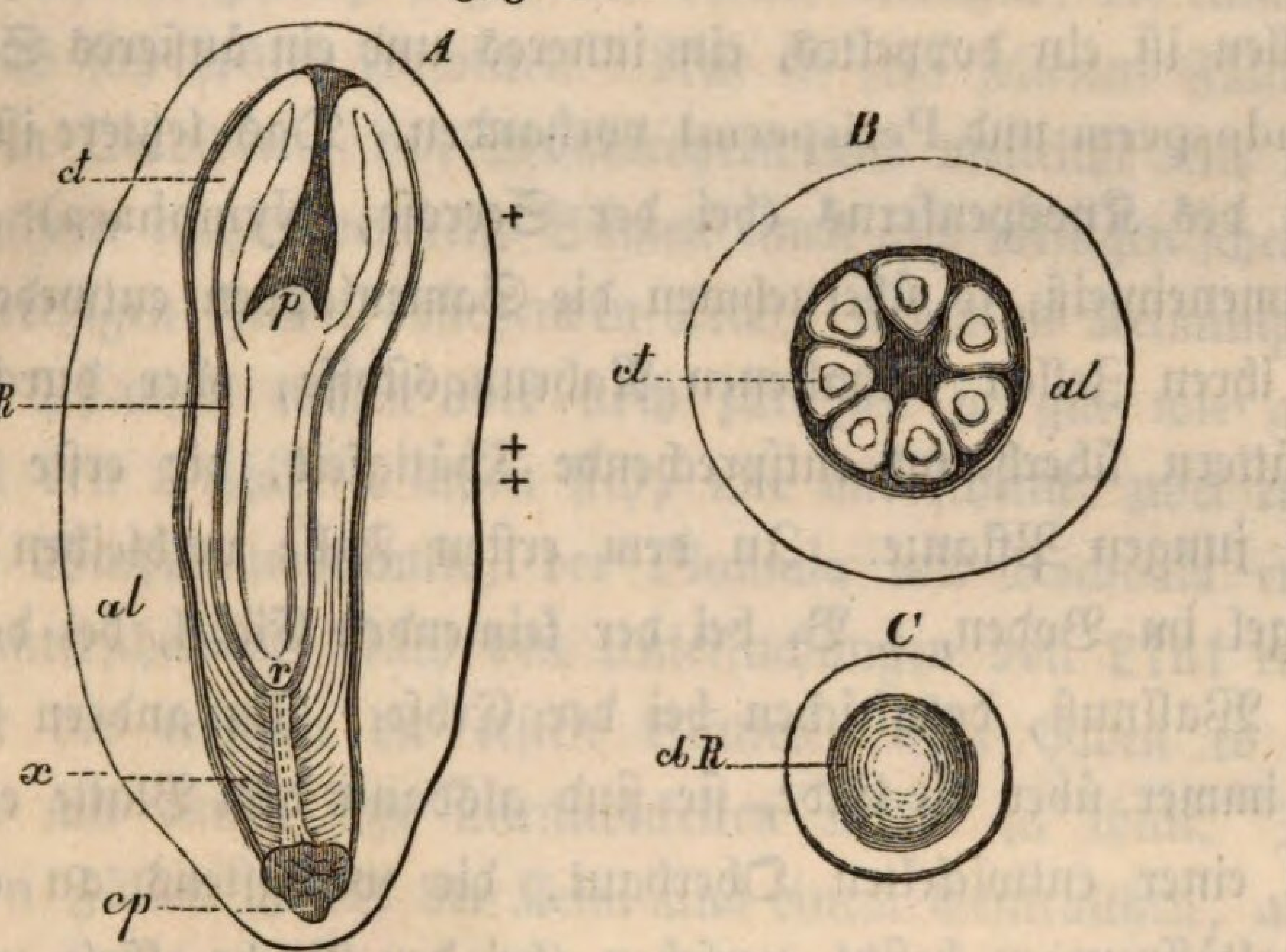
essanten Resultaten führen, sie würden uns den innigen Zusammenhang zwischen dem physiologischen Proceß der Keimung und den chemischen Bestandtheilen des Samens nachweisen. Die Samenlappen der Buche und der Haselnuß enthalten nur in der unmittelbaren Nähe der Axe des Keimes Stärkmehl, sie sind reich an körnigen Stoffen und an fetten Oelen; das Nahrungsgewebe in der Axe des Keimes, d. h. die Anlage zum Mark und zur Rinde, sind dagegen von Stärkmehl reichlich erfüllt. Es scheint demnach, als ob das fette Oel beim Keimen der Buche allmälig verändert und in ein Kohlenhydrat übergeführt werde. Wenn die Samenlappen dieser Pflanze sich entfalten und grün gefärbt die Verrichtung der Blätter versehen, sucht man nach fettem Oel vergebens; in ihren Zellen findet man Stärkmehl und Blattgrün.

Die Menge der Wärme, welche ein Same zum Keimen bedarf, ist nach der Pflanzenart verschieden. Die chemische Beschaffenheit der Zellenwand und des Zelleninhalts wird hier zunächst in Anschlag kommen. Das Leben der Zellen wird durch die Thätigkeit des Stickstoffschleims erregt; es scheint demnach als ob auch die Beschaffenheit des letzteren hier von Bedeutung ist. — Die harte Samenschale der Steinfrüchte, z. B. der Kirsche, der Pfirsich 2c., behindert jedenfalls die schnelle Keimung solcher Samen, die Feuchtigkeit und die Wärme gelangen später zum Keim; das Aufquellen des Samens sprengt die Hülle. Die Cocosnuß und die Frucht der ihr verwandten Palmen, deren harte, dicke Schale für Feuchtigkeit fast undurchdringlich ist, ward von der Natur mit 3 Keimlöchern versehen; aus einem derselben tritt das keimende Pflänzchen hervor. Unter jedem Keimloch liegt in der Regel ein cylindrischer Keim (Attalea), es treten deshalb nicht selten 3 junge Pflänzchen aus einer Nuß hervor; häufiger verkümmern 2 der vorhandenen Keime.

Im Keim des Samens ruht die Anlage zur neuen Pflanze. Wie das Huhn aus dem bebrüteten Ei hervorgeht, so entfaltet sich die Pflanze aus dem Keim ihres Samens; derselbe birgt die

Anlage zu allem, was sich nachher entwickelt. Wie sich das junge Huhn, ehe es die Schale durchbricht, vom Dotter und vom Eiweiß ernährt, so entwickelt sich der Pflanzenkeim, indem er vom Inhalt des Keimsackes der Samenknospe seine Nahrung empfängt. Durchschneiden wir den reifen Samen irgend eines Nadelbaums der Länge nach (Fig. 30), so finden wir die cylindrische Axe des Keimes mit

Fig. 30.



ihren Keimblättern in Mitten eines weißen, ölhaltigen Gewebes liegend. Das letztere ist das Sameneiweiß, ein Nahrungsgewebe, im Keimsack entstanden und bei der Ausbildung des Keimes nicht vollständig verbraucht. Betrachten wir jetzt den Längsdurchschnitt eines reifen Buchensamens (Taf. 4, Fig. 1) oder einer reifen Eichel (Taf. 4, Fig. 8), so finden wir wohl einen Keim, aber kein Sameneiweiß, das letztere ist durch den Keim bereits vollständig verzehrt. Für die beschreibende Botanik werden diese Verhältnisse sehr wichtig,

Fig. 30. Der Kern, d. h. das Sameneiweiß mit dem Keim, des Samens der Kiefer (Pinus sylvestris). A Im Längsschnitt. al Sameneiweiß. cbR Verdickungsring. ct Samenlappen. cp Corpusculum. x Wurzelhaube. B Ein Querschnitt in der Höhe von +. C Ein Querschnitt in der Höhe von ‡. Das Sameneiweiß entfernt. Die Bezeichnungen wie bei A. (Vergrößerung 30 mal.)

sie sind durch ganze Gruppen und Familien constant. Oft ist das Eiweiß sehr überwiegend, der Keim sehr klein; so bei den Palmen. Ist ein solches Sameneiweiß (Albumen), aus Zellen mit Nahrungsstoff angefüllt bestehend, vorhanden, so zehrt beim Keimen des Samens das junge Pflänzchen in der ersten Zeit zum größten Theil von ihm; dies gilt sowohl von der jungen Palme als von dem jungen Nadelbaum (der Tanne oder Fichte). Nur in sehr seltenen Fällen ist ein doppeltes, ein inneres und ein äußeres Sameneiweiß (Endosperm und Perisperm) vorhanden. Das letztere ist ein Ueberrest des Knospenkerns (bei der Seerose, Nymphaea). Fehlt das Sameneiweiß, so übernehmen die Samenlappen entweder durch die in ihren Zellen enthaltenen Nahrungsstoffe, oder durch eine den Blättern überhaupt entsprechende Thätigkeit, die erste Ernährung der jungen Pflanze. In dem ersten Falle verbleiben sie in der Regel im Boden, z. B. bei der keimenden Eichel, bei der Kastanie, der Wallnuß, desgleichen bei der Erbse. Im andern Falle treten sie immer über die Erde, sie sind alsdann dem Blatte entsprechend, mit einer entwickelten Oberhaut, die wenigstens an einer Seite Spaltöffnungen besitzt, versehen (bei der Buche, Erle und Birke).

Die Samenlappen mancher Pflanzen wechseln, je nach der Lebensperiode, in welche der Keimling eingetreten, ihre Function. Anfänglich verzehren die Samenlappen der Nadelbäume das Sameneiweiß, welches sie umgiebt; ist letzteres verbraucht, ist das Pflänzchen dem Samen entschlüpft, so übernehmen dieselben die Verrichtung der Blätter. Die obere Seite der Samenlappen ist bei der Tanne mit Spaltöffnungen versehen, während die Nadel, das eigentliche Blatt desselben Baumes, solche an der Unterseite trägt. Die beiden großen fleischigen Samenlappen der keimenden Bohne, desgleichen die ähnlichen Samenlappen der Mandel, der Kirsche u. s. w. liefern sicherlich durch ihre Nahrungsstoffe dem Pflänzchen seinen ersten Bedarf, später sorgen auch sie wahrscheinlich, den wirklichen Blättern entsprechend, für atmosphärische Nahrung. (Es fehlt uns leider hier noch sehr an recht genauen Untersuchungen). Die Sa-

menschale, aus bereits abgestorbenen, oft zierlich verdickten und verholzten Zellen bestehend, ist bei der Keimung selbst unthätig, sie wird jederzeit durchbrochen oder abgestreift.

Durch die Keimung des Samens wird, wie es Göppert nachgewiesen, reichlich Wärme in Freiheit gesetzt. Die keimende Gerste erhitzt sich durch den chemischen Prozeß in ihren Zellen.

Im Keime der Pflanze liegt, wie bereits erwähnt, die Anlage zu allem was sich später entwickelt. Nur in sehr seltenen Fällen, z. B. bei den Orchideen, den Monotropeen und vielleicht auch bei den Orobancheen enthält der reife Samen einen aus wenigen scheinbar gleichwerthigen Zellen bestehenden Keim. Ueber die Keimungsweise dieser Pflanzen wissen wir noch zur Zeit so gut wie gar nichts. Bei den Orchideen lassen sich, wie mir scheint, zwei entgegengesetzte Wachsthumspunkte, der Plumula und Radicula entsprechend, unterscheiden. Nach den Untersuchungen von Link entstehen unter der ersteren die ersten Blätter. Wir haben es in diesem Falle mit einem sehr unentwickelten Keime zu thun. In allen übrigen Fällen besteht der Keim aus einem Centraltheil, aus einer Axe, der nach der einen Seite mit der Anlage zum Stamm (mit der Plumula), nach der anderen mit der Anlage zur Wurzel (mit der Radicula) endigt, und einen, zwei oder mehrere Samenlappen besitzt. Die Zahl der letzteren ist mit Recht zum Hauptgrundsatz einer systematischen Eintheilung des Gewächsreichs geworden. Mit einem Samenlappen keimen die Monocotyledonen (z. B. die Gräser, die Lilien, die Palmen u. s. w.). Mit zwei Samenlappen keimen die Dicotyledonen, z. B. unsere Bäume, mit Ausnahme der meisten Coniferen, welche mindestens 4, in der Regel 6 — 11 Samenlappen entwickeln; nur Thuja (der Baum des Lebens) und Taxus (der Eibenbaum) entfalten zwei Samenlappen. Zamia (eine Cycadee) hat 2 Samenlappen, die, an ihrer Spitze verwachsen sind.

Die Axe des Keimes ist die eigentliche Grundlage der neuen Pflanze, die Samenlappen dienen nur zeitweilig zu ihrer Ernährung,

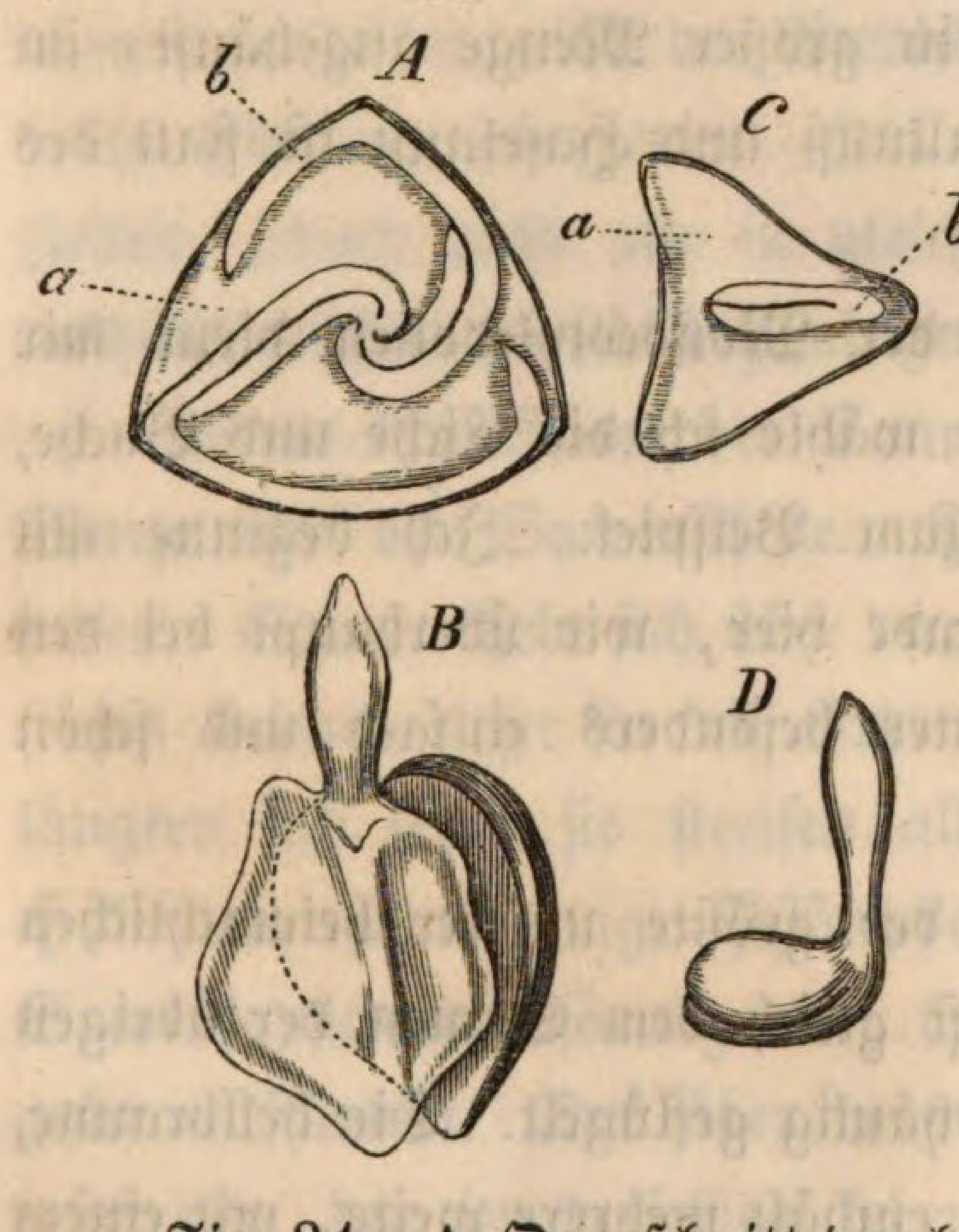
sie sterben, wenn sie nicht, gleich den eigentlichen Blättern, für atmosphärische Nahrung sorgen, in der Regel frühzeitig ab; der Keimling kann ihrer fortan entbehren. Die Stammknospe des Keimlings (das Federchen, die Plumula) liegt immer zwischen den Samenlappen (Cotyledonen), gewissermaßen durch letztere geschützt. Diese Stammknospe erscheint in der Regel als eine kleine kegelförmige Erhöhung; seltener sind, z. B. bei der spanischen Kresse (Tropaeolum), bei den Palmen und bei der Wallnuß, unter der letzteren schon junge Blätter angelegt.

Die Stammknospe (Plumula) trägt ihre jüngsten Zellen unmittelbar an der Spitze; beim Keimen erhebt sich die letztere, es entstehen unter ihr junge Blätter, allgemach entwickelt sich aus ihr der Stamm. Das andere Ende der Axe, immer dem Knospenmund (Eimund, Mycropyle) des Samens zugewandt, trägt die Anlage zur Wurzel; dort liegen die jüngsten Zellen der künftigen Wurzel niemals unmittelbar an der Spitze, sie sind jederzeit von älteren Zellenschichten bedeckt. Schon hierin liegt der Charakter der Wurzel als Gegensatz zum Stamm begründet. Diese Zellenschichten, welche den fortbildungsfähigen Theil der Wurzelspitze bekleiden, sind allen Wurzeln, sie mögen aus dem Keime direkt, oder später durch Knospenbildung hervorgegangen sein, eigen. Die äußeren Zellschichten dieser Hülle, welche man Wurzelhaube nennt, sterben ab, sie werden, so lange die Wurzel fortwächst, von innen her durch neue Schichten ersetzt. Aus diesem Bau der Wurzelspitze erklärt sich zugleich, warum die Wurzel niemals Blätter bildet. — Schon der Keim der Pflanze deutet demnach entschieden auf den großen Gegensatz der Stamm- und Wurzelknospe, dem wir auch späterhin überall begegnen.

Ein gelungener Längsschnitt durch die Mitte des Keimes zeigt, in allen mir bekannten Fällen, den schon im vorigen Abschnitt besprochenen Verdickungsring, derselbe verliert sich nach der einen Seite in die Stammknospe, nach der anderen in die Wurzelknospe, er durchzieht die Axe des Keimes, sein Gewebe in Mark und Rinde

scheidend. Der Verdickungsring besteht aus engen langgestreckten Zellen, reich an stickstoffhaltiger Substanz; Stränge ähnlicher Zellen verlaufen von ihm, als Anlage der Gefäßbündel, zu den Samenlappen. Der Keim der Monocotyledonen besitzt in der Regel eine sehr verkürzte Axe, statt des Verdickungsringes erscheint hier ein aus fortbildungsfähigen Zellen bestehendes Gewebe, welches die Stammknospe mit der Wurzelknospe verbindet; ich habe das letztere Keimlager genannt, weil sich, von ihm ausgehend, beide Knospen erheben, und weil aus ihm sich später der Verdickungsring entwickelt. Die sehr frühe entstehenden Nebenwurzeln der Monocotyledonen entspringen ebenfalls aus diesem Keimlager. Im Verdickungsring entstehen in der Regel erst bei der Keimung die ersten Anfänge der Gefäßbündel. Der Keim der Eiche, Kastanie und Wallnuß besitzt dagegen schon vor der Keimung Spiralgefäße. Das erste Auftreten derselben erfolgt im Verdickungsweg der Axe.

Fig. 31.



Die Gestalt des Keimes ist bei den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden; bald ist die Axe überwiegend, bald sind es die Samenlappen. Für die Form beider Theile und für die Lage des Keimes im Samen gilt dasselbe (Fig. 31). Auch diese Verhältnisse, für jede Pflanze sehr constant, werden für die Eintheilung der Gewächse wichtig; die Unterabtheilungen in der Familie der Cruciferen, wohin unsere Kohlpflanzen gehören,

Fig. 31. A Querschnitt durch den Samen des Buchweizens (Polygonum Fagopyrum). a Das Sameneiweiß. b Der Keim. B Der Keim des Buchweizens, aus dem Samen heraus gehoben. C Der Same von Polygonum Convolvulus, quer durchschnitten. a Das Sameneiweiß. b Der Keim. D Der Keim dieser Pflanze, frei gelegt. (8 mal vergrößert.)

gründen sich fast allein auf die Gestalt und Lage des Keimes im Samen.

Eben so verschieden als die Formverhältnisse sind, wie schon erwähnt, die chemischen Bestandtheile des Keimes sowohl als des Sameneiweißes. Bei der Dattel und bei sehr vielen Palmen besteht das letztere aus stark verdickten Zellen mit körnigem, sich durch Jod gelb färbendem Inhalt. Der Samenlappen, hier nur zur Auffsaugung des Sameneiweißes dienend, verzehrt, sich immer weiter innerhalb des Samens ausdehnend, das letztere vollständig, von den verdickten Zellen und ihrem Inhalt bleibt nicht eine Spur zurück. Das Sameneiweiß der Nadelhölzer, aus zartwandigen Zellen, die Stärkemehl, fettes Oel und körnige Stoffe enthalten, gebildet, wird dagegen beim Keimen nur seines Inhaltes beraubt, die leeren Zellen bleiben in der abgestreiften Samenschale zurück. Das Sameneiweiß der Getreidearten ist reich an Stärkmehl, dem Keime fehlt das letztere; in dem Samenlappen der Kastanie und der Eiche ist dagegen Stärkmehl in großer Menge angehäuft; im Samenlappen der Buche, der Wallnuß und Haselnuß ist statt des letzteren fettes Oel vorhanden.

Als Grundbild des Keimes der Monocotyledonen dient mir die Palme, für die Dicotyledonen wähle ich die Eiche und Buche, für die Nadelhölzer die Tanne zum Beispiel. Ich beginne mit dem Keime der letzteren, weil gerade hier, wie überhaupt bei den Nadelhölzern, Axe und Keimblätter besonders einfach und schön ausgeprägt sind.

Der Same der Tanne ist der größte unserer heimathlichen Nadelhölzer (Taf. 1 Fig. 1), er ist gleich dem Samen der übrigen Coniferen an seinem breiten Ende häutig geflügelt. Die hellbraune, den Kern umhüllende Samenschale enthält mehrere weite, mit einem sehr aromatisch riechenden flüchtigen Oel erfüllte Oelgänge, welche dem Samen der Fichte, Kiefer und Lerche fehlen. Ein weißer ölhaltiger Kern, das Sameneiweiß, umschließt den Keim, der in gerader Richtung in des Samens Mitte liegt. Dieser Keim, von gelblichem

Ansehen, besteht aus einer ziemlich langen cylindrischen Axe, deren Wurzelende nach der spitzen ungeflügelten Seite des Samens liegt. Keimblätter, der Zahl nach verschieden, umgeben die kleine kegelförmige Stammknospe (die Plumula) (Taf. 1 Fig. 4). Vom Verdickungsring, der sich nach oben in das Gewebe der Stammknospe, nach unten in den jüngsten Theil des Wurzelendes verliert, verlaufen Bündel langgestreckter Cambiumzellen zu den Keimblättern. Das Wurzelende (die Radicula) ist mit einer sehr entwickelten Wurzelhaube versehen. Die Oberfläche der Axe, desgleichen die Unterseite der Keimblätter besitzt eine sehr zarte Oberhaut ohne Spaltöffnungen, die Oberseite der letzteren hat dagegen eine Oberhaut mit Spaltöffnungen. Das Nahrungsgewebe des Keimes enthält sehr wenig klein körniges Stärkmehl, dagegen große Mengen einer körnigen Substanz. Zucker und Schwefelsäure bewirken*) eine lebhaft rosenrothe Färbung aller Theile des Keimes, während im ausgebildeten Stamme oder Zweige derselben Pflanze nur die zur Fortbildung dienenden Zellen, z. B. der Verdickungsring, die Stammspitze u. s. w. solche Färbung annehmen. Im Keime sind, wie es scheint, alle Zellen, jedoch nicht alle in gleichem Grade, fortbildungsfähig und deshalb reicher an stickstoffhaltiger Substanz.

Wenn der Same der Tanne keimt, so durchbricht zuerst das Wurzelende die Samenschale. Der mit lockerer Walderde schwach bedeckte Same erhebt sich über den Boden, während das Wurzelende seines Keimes tiefer in die Erde dringt. Auch die Keimblätter verlängern sich jetzt, sie streifen allmälig die Samenschale als leere Hülle ab. Das junge Pflänzchen breitet seine jetzt grüngefärbten Samenlappen quirlförmig aus, in ihrem Nahrungsgewebe ist Blattgrün entstanden. Der über der Erde befindliche Theil der Axe ist rosenroth, der in derselben lebende Theil hellbraun gefärbt, das Wurzelende erscheint farblos, an seiner Spitze entdeckt man schon mit der Lupe die Wurzelhaube.

*) Die rothe Färbung durch Zucker und Schwefelsäure deutet auf die reichliche Gegenwart stickstoffhaltiger Substanzen.

Die Tanne keimt selten mit 4, in der Regel mit 5 bis 7 Samenlappen. Durchschneidet man das junge Pflänzchen, das eben seine Schale abgestreift, der Länge nach, so findet man im Verdickungsring der Axe als Anfänge der Gefäßbündel einige Spiralgefäße (Taf. 1 Fig. 4). Die Zahl der ersten Gefäßbündelgruppen richtet sich nach der Zahl der Samenlappen (Taf. 1 Fig. 7 y). Zwischen den letzteren sieht man, aus der Stammknospe hervorgegangen, die Anlage junger Blätter, der eigentlichen Nadeln. Diese Blätter, ebenfalls der Zahl nach den Samenlappen entsprechend, liegen, wie ein Querschnitt zeigt (Taf. 1 Fig. 6 a), zwischen den letzteren, demnach mit ihnen abwechselnd. Auf den ersten Kreis solcher Blätter folgt bald, ebenfalls hervorgerufen durch das thätige Gewebe der Stammspitze, durch den Vegetationspunkt, der immer seine kegelförmige Gestalt bewahrt, ein zweiter Blätterkreis, dessen Elemente alsdann zwischen den Blättern des ersten Kreises stehen (Taf. 1 Fig. 6 b). Die im Verdickungsring entstandenen Gefäßbündel senden Aeste in die jungen Blätter.

Die junge Tanne entwickelt im ersten Lebensjahre selten mehr als e i n e n Kreis ausgebildeter Nadeln, die Blätterlagen der später gebildeten Kreise werden als Deckschuppen verwerthet, mit ihnen schließt sich das Wachsthum der Stammknospe; letztere erhebt sich im ersten Jahr nur sehr wenig, sie macht im zweiten Jahre einen etwa zolllangen Trieb; erst mit dem zehnten oder zwölften Jahre beginnt das eigentliche Längswachsthum der Tanne.

Die Wurzel der jungen Tanne wächst anfangs unverzweigt; im Sommer erscheinen die ersten kleinen Seitenwurzeln. Wurzel nenne ich überall den Theil der Axe des Keimlings unterhalb der Samenlappen, derselbe unterscheidet sich von dem Stamme, welcher aus der Stammknospe hervorgeht, zunächst durch die Entwickelung seiner Rinde, deren äußerer Theil in allen von mir untersuchten Fällen bald abstirbt und sich als braungefärbtes, faseriges Häutchen abschält, während gerade in diesem Theile der Rinde des S t a m m e s die Harzgänge der Nadelbäume entstehen. Für die

Fichte und Kiefer gilt dasselbe, auch dort fehlen in der Rinde der Wurzel die Harzgänge.

Aus den anfänglich getrennten Gefäßbündeln der jungen Pflanze ist nach und nach, durch Vermittelung des Verdickungsrings ein geschlossener Holzring, der sowohl die Wurzel, als den noch sehr kurzen Theil des jungen Stammes durchzieht, entstanden.

Die Keimblätter, fast doppelt so groß als die eigentlichen Nadeln, bleiben mehrere Jahre lang am Pflänzchen, sie tragen ihre Spaltöffnungen auf der Oberseite, während die Nadeln dieselben an der Unterseite, in den beiden als silberweiße Streifen erscheinenden Längsreihen besitzen. Die Samenlappen unterscheiden sich außerdem durch die geringe Entwickelung oder das gänzliche Fehlen der beiden Harzgänge von den Nadeln. Die Deckschuppen (Taf. 1 Fig. 11) in mehreren abwechselnden Kreisen, schon frühe die Knospe schließend, werden bald saftlos; sie erhalten kein Gefäßbündel, unter ihrem Schutz überwintert der junge, schon im Herbst angelegte Trieb des kommenden Jahres (Taf. 1 Fig. 8 b). Wenn letzterer im Frühling darauf die Schuppen durchbricht, so bleiben dieselben als braungefärbte Schüppchen stehen, sie bilden die Quirlansätze der Nadelbäume, durch welche der Förster sowohl das Alter der jungen Pflanze wie des jungen Zweiges erkennt (Taf. 2 Fig. 22z, Taf. 3 Fig. 4z).

Der Stamm der Tanne wächst in den ersten Jahren langsam; er verzweigt sich selten vor dem dritten Jahre, in der Regel erst im vierten Jahre. Die Haupt- oder Pfahlwurzel drängt sich immer tiefer in die Erde, die Zahl der Seitenwurzeln vermehrt sich.

Der innerhalb einer Wachsthumsperiode (eines Sommers) entstandene Theil des Stammes oder der Wurzel wächst im nächsten Jahre nicht mehr in die Länge, er verdickt sich dagegen alljährlich mit Hülfe des Verdickungsrings; der Stamm unserer Bäume verlängert sich demnach alljährlich nur durch seine Endknospe. Bis zum zehnten oder zwölften Jahre macht die Tanne, gleich der Fichte, nur sehr schwache Haupttriebe. Eine zwölfjährige Tanne

ist selten über 2 Fuß hoch; sie treibt etwa vom vierten Jahre an starke und üppige Seitenzweige, sie beschattet sich, wie der Förster zu sagen pflegt, durch letztere. Plötzlich erhebt sich, etwa vom zwölften Jahre ab, der Haupttrieb, oftmals in einem Sommer einen fußlangen Schuß entwickelnd. Jetzt nimmt die Zweigbildung ab, sie regelt sich. Unter jedem Quirlansatz des Haupttriebes entstehen fortan in der Regel 5 bis 6 als Quirl gestellte Zweige, während an den Aesten unter jedem Quirlansatz nur 2 Seitenzweige, gleich den Aesten wagerecht liegend, entspringen. Der untere Theil des Stammes, jetzt von der Krone über ihm beschattet und des Lichtes beraubt, wirft allmälig seine Zweige ab, die Aeste des oberen Theiles breiten sich mehr und mehr und zwar wagerecht aus. Das Höhenwachsthum des Baumes dauert etwa bis zum 50sten Jahre, wo die Tanne zum erstenmale zu blühen pflegt, fort. Der Stamm erreicht innerhalb dieser Zeit eine sehr bedeutende Höhe. Von der Blüthezeit ab wird das Höhenwachsthum des Stammes etwas langsamer, die bis dahin kegelförmige Spitze der Krone wird von nun an mehr und mehr kuppelförmig.

Auch bei der Kiefer nimmt das Höhenwachsthum in einem gewissen Alter ab, die Krone breitet sich alsdann stärker aus. Die Fichte wächst dagegen, so lange sie überhaupt kräftig vegetirt, auch kräftig in die Höhe, ihre Krone bleibt immer kegelförmig.

Die Fichte (Picea vulgaris Link) keimt am häufigsten mit 9 Samenlappen, die kleinste Zahl der letzteren ist 6, die größte dagegen 10. Die Kiefer (Pinus sylvestris) und die Lerche (Larix europaea) entfalten 5 bis 7, am häufigsten 6 Samenlappen. Der Lebensbaum (Thuja orientalis) und der Eibenbaum (Taxus baccata) keimen dagegen jederzeit nur mit 2 Samenlappen. Zamia, eine Cycadee, keimt mit 2 Samenlappen, welche an ihrer Spitze vereinigt sind; die letztere verläßt die Samenschale nicht.

Bei allen soeben genannten Nadelbäumen, desgleichen bei der Zamia, entspricht die Zahl der im Verdickungsring der Axe der Keimpflanze entstehenden Gefäßbündel der Zahl der vorhandenen

Keimlappen. Beim Lebensbaum und bei der Zamia entstehen immer zwei Gefäßbündel, bei der Tanne, Fichte, Kiefer und Lerche dagegen genau so viel Gefäßbündel, als Samenlappen vorhanden sind. Aus den im Verdickungsring bei der Keimung entstehenden Gefäßbündeln entwickelt sich allgemach der Holzring des Stammes und der Wurzel. Wie die Cambiumbündel in den Samenlappen des Keimes als Fortsetzungen des Verdickungsringes zu betrachten sind, so stehen auch die aus ihnen entstandenen Gefäßbündel der Samenlappen mit dem Holzring in directer Verbindung.

Der Zahl der Samenlappen entspricht gleichfalls die Zahl der Blätter des ersten Blattkreises der jungen Pflanze; nur die Fichte macht hier eine Ausnahme, ihr erster Blattkreis besteht unabhängig von der Zahl der Samenlappen des Keimlings aus 4 Blättern, die darauf folgenden Blätter (Nadeln) stehen schon spiralig um das Stämmchen (Taf. 2 Fig. 19 und 20). Der Lebensbaum entwickelt zuerst 2 Blätter, welche mit den beiden Samenlappen abwechseln, der folgende Blattkreis bildet dagegen 4 Blattanlagen. Bei der Tanne, Kiefer und Lerche wechseln die Blätter des ersten Kreises ebenfalls mit den Samenlappen (Taf. 1, Fig. 6 ct u. a).

Der Keim aller Nadelhölzer durchbricht mit seinem Wurzelende die Samenschale; erst wenn das Sameneiweiß verzehrt ist, wird die letztere, bei der Entfaltung der Samenlappen, abgestreift. Die letzteren sind jetzt grün gefärbt, sie tragen an der Oberseite Spaltöffnungen. Bei der Tanne bleiben dieselben jahrelang grün, bei der Fichte und Kiefer vertrocknen sie bereits im ersten Jahre; bei der Lerche, die sich im Herbst entlaubt, fallen sie mit den Nadeln vom Stämmchen.

Die Kiefer trägt bekanntlich 2 Nadeln, die aus einer von häutigen Schuppen gebildeten Scheide hervortreten (Taf. 2, Fig. 6 y). Der jungen, aus dem Keime entstandenen Pflanze des ersten Jahres fehlen diese Doppelnadeln. Das aus der Stammknospe (der Plumula) entstandene Stämmchen trägt einfache Blätter oder Nadeln, mit einem centralen Gefäßbündel und 2 Herzgängen versehen

(Taf. 2, Fig. 5), der Trieb des zweiten Jahres entfaltet dagegen Doppelnadeln; selbige entstehen aus einer Knospe, die sich in der Achsel der eigentlichen Blätter, der einfachen Nadeln, entwickelt. Die einfache Nadel verkümmert in diesem Falle (vgl. Abschnitt III).

Die Nadelbüschel der Lerche entwickeln sich niemals am einjährigen Pflänzchen, dort sind wie bei der Keimpflanze anderer Nadelhölzer nur einfache Nadeln vorhanden. Auch der Trieb des zweiten Jahres bringt noch keine Blätterbüschel, wohl aber entstehen in der Achsel seiner Nadeln Knospen, welche im kommenden Frühjahr den Blätter- oder Nadelkranz entfalten (vgl. Abschnitt III).

Die jungen Keimpflanzen der von mir untersuchten Nadelbäume sind bei genauer Kenntniß derselben nicht schwer zu unterscheiden (Taf. 1, Fig. 1 u. 5 — Taf. 2, Fig. 4 u. 5 — Taf. 2, Fig. 17, 18, 21 u. 22 — Taf. 3, Fig. 2 u. 3). Die Keimpflanze der Tanne ist am größten, sie macht dessen ohngeachtet im ersten Jahre den kleinsten Stammtrieb, dagegen dringt ihre Wurzel ziemlich tief in den Boden. Die Tanne wurzelt überhaupt sehr tief, sie wird deshalb sehr schwer vom Sturm geworfen. Die Fichte bildet bisweilen schon im ersten Lebensjahre einen Seitentrieb, der bei der Tanne, Kiefer und Lerche niemals vorkommt. Die Sämlinge der beiden letztgenannten Bäume machen dagegen im zweiten Jahre, unter günstigen Verhältnissen, einen ziemlich starken Haupttrieb, im dritten Lebensjahre verzweigen sie sich in der Regel; sie beschatten sich dagegen niemals so stark als die Sämlinge der Tanne und Fichte, welche in den ersten Lebensjahren fast ihre ganze Kraft auf die Bildung der Seitenzweige verwenden. Eine 10jährige Kiefer und Lerche ist doppelt oder dreimal so hoch als eine Tanne und Fichte von gleichem Alter.

Der Keim der Buche ist mit zwei sehr großen Samenlappen versehen, die mehrfach zusammengefaltet im dreikantigen Samen liegen (Taf. 4, Fig. 1 u. 2). Die Axe des Keimes ist dagegen um so kleiner. Das Sameneiweiß fehlt, es ist bereits vom Keim verzehrt. Die Stammknospe (Plumula) trägt ihr jüngstes Gewebe

unmittelbar an ihrer Spitze, die Wurzelanlage (Radicula) besitzt eine Wurzelhaube, welche das jüngste Gewebe bekleidet. Im Verdickungsring zeigt sich die Anlage zu 8 Gefäßbündeln. Das Mark und die Rinde des Keimes enthalten Stärkmehl, in den Samenlappen findet sich dagegen fettes Oel in Menge. Wenn das Wurzelende des Keimes schon tief in den Boden gedrungen, ist die Samenschale noch nicht abgestreift. Erst allmälig entfalten sich die Samenlappen, aus deren Zellen jetzt das Oel verschwunden und durch Stärkmehl und Blattgrün ersetzt ist (Taf. 4, Fig. 3).

Die junge Buche treibt alsbald zwei gegenständige Blätter, welche mit den beiden Keimblättern in ihrer Stellung abwechseln. Der Theil der Stammknospe unter diesen Blättern erhebt sich um 1 bis 2 Zoll, es entsteht das erste Stängelglied der neuen Pflanze. In der Regel schließt sich darauf die Knospe; bisweilen bildet sie dagegen ein drittes Blatt, das einzeln stehend zu beiden Seiten mit einem kleinen, lanzetförmigen, bald absterbenden, Nebenblatt versehen ist. Bei allen später erscheinenden Blättern der Buche sind diese Nebenblätter immer vorhanden (Taf. 4, Fig. 5b); wenn sich die Knospe schließt, werden dieselben als Deckschuppen ausgebildet. Die Samenlappen, deren Unterfläche eine mit Spaltöffnungen versehene Oberhaut besitzt, bleiben bis zum Herbste grün.

Bisweilen macht der Sämling der Buche schon im ersten Lebensjahre einen zweiten Trieb, d. h. die bereits geschlossene Knospe entfaltet sich noch einmal; in diesem Falle erreicht das Pflänzchen schon im ersten Jahre eine Höhe von 6 bis 8 Zoll über der Erde. Die starke Hauptwurzel dringt mindestens eben so tief in den Boden. In den darauf folgenden Jahren wächst die Buche verhältnißmäßig langsam. Eine 6- oder 8jährige Buche ist noch ein kleines Bäumchen.

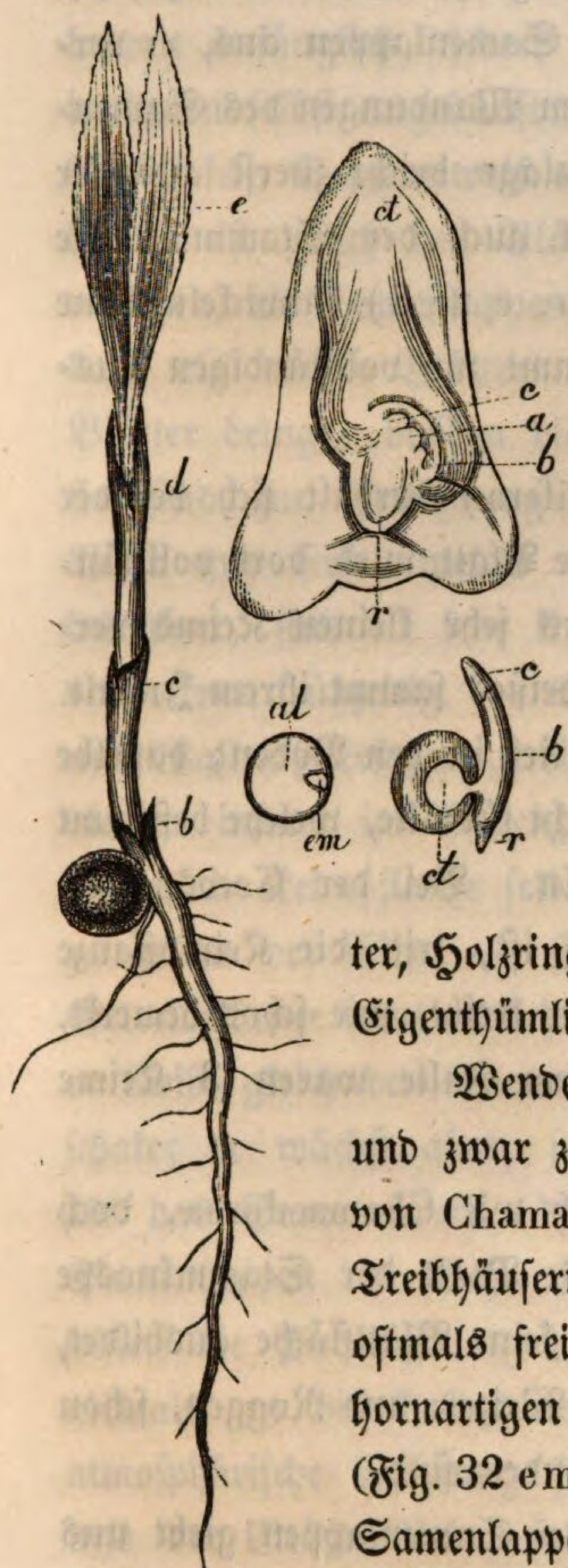
Der sehr kleine nach beiden Seiten geflügelte Same der Birke (Taf. 3, Fig. 12) umschließt einen noch kleineren Keim (Taf. 3, Fig. 13 u. 14). Die beiden fleischigen eirunden Samenlappen vertrocknen, sobald das Pflänzchen einige Blätter entwickelt hat (Taf. 3,

Fig. 8). Für den ebenfalls sehr kleinen Keim der Erle gilt dasselbe. Die Keimpflanze des letzteren Baumes ist durch kleine runde Anschwellungen an der sich frühzeitig verzweigenden Wurzel ausgezeichnet (Taf. 4, Fig. 16 y). — Die ersten Blätter beider Pflänzchen sind klein und der Gestalt nach von den Blättern des ausgebildeten Baumes durchaus verschieden. Die Birke und Erle wachsen in den ersten Lebensjahren verhältnißmäßig schnell. Die Blätter der einjährigen Birke sind stark behaart, während die Blätter der älteren Pflanze (Betula alba) fast haarlos erscheinen.

Der Keim der Eiche füllt die Frucht, die Eichel, vollständig aus; selten findet man zwei Keime in einer Eichel. Die großen und dicken Samenlappen (Taf. 4, Fig. 8 c t) sind mit Stärkmehl erfüllt, sie sind von verzweigten Gefäßbündeln durchsetzt, welche bereits vor der Keimung Spiralgefäße enthalten. Die sehr kleine Axe des Keimes liegt nach dem spitzen Ende der Eichel; sie ist mit einer Stammknospe und einer Wurzelanlage, desgleichen mit einem Verdickungsring versehen. Wenn die Eichel keimt, so bricht die Wurzel aus der Fruchtschale hervor; dieselbe ist bereits mehrere Zoll lang, ehe sich die Stammknospe erhebt. Die Eichel selbst bleibt in der Erde; ihren Samenlappen fehlt eine Oberhaut mit Spaltöffnungen, sie scheinen nur bestimmt, dem Pflänzchen durch ihren Stärkmehl-Gehalt Kohlenstoff-Nahrung zu liefern. Bis zum dritten Jahre bleiben die Samenlappen innerhalb der Eichel mit dem jungen Pflänzchen verbunden, dann erst vermodern dieselben. Der junge Stamm entwickelt anfänglich keine eigentlichen Blätter. Zuerst erscheinen kleine, einzeln stehende heutige Schuppen, welche spiralig in größeren Abständen um den Stamm auftreten, dann bilden sich neben einander zwei solcher Schuppen, und endlich tritt zwischen den letzteren, welche nunmehr die pfriemenförmige Gestalt der eigentlichen Nebenblätter angenommen, ein wirkliches, freilich noch sehr kleines, Laubblatt hervor. Eine Regelmäßigkeit der Blattstellung ist am Sämling der Eiche noch nicht wahrzunehmen (Taf. 4, Fig. 9).

Die Eiche macht im ersten Lebensjahre, je nach den gün-

Fig. 32.



stigen oder ungünstigen Verhältnissen, einen längeren oder kürzeren Stammtrieb; ihre starke Pfahlwurzel dringt tief in die Erde. Die ächte Kastanie, desgleichen die Wallnuß bringen gleich der Eiche ihre Samenlappen nicht über die Erde. Auch die Erbse entfaltet ihre Samenlappen nicht, während die Bohne und die Lupine selbige über den Boden erheben.

Im Stamm wie in der Wurzel aller von mir untersuchten Laubbäume entsteht schon im ersten Lebensjahre, durch Fortbildung der Gefäßbündel, die im Verdickungsring entstanden sind, ein geschlossener, von Markstrahlen durchsetzter, Holzring. Das Holz besitzt im Herbste schon alle Eigenthümlichkeiten des späteren Baumes.

Wenden wir uns jetzt zu den Monocotyledonen, und zwar zu den Palmen. Der kleine runde Same von Chamaedorea Schiedeana, welcher in unseren Treibhäusern, wo diese Palme gemein ist, sehr leicht, oftmals freiwillig, keimt, enthält in einem weißen, hornartigen Sameneiweiß einen sehr kleinen Keim (Fig. 32 em). Der letztere besteht aus einem großen Samenlappen (ct), welcher die kleine, nicht scharf von ihm getrennte Axe umschließt. Dieselbe zeigt nach der

Fig. 32. Der runde Same der Chamaedorea durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25 mal vergrößert), endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (e) entfaltet hat. a Der Vegetationspunkt der Stammknospe. b Das erste, c das zweite, d das dritte, e das vierte Blatt. al Das Sameneiweiß. ct Der Samenlappen. em Der Keim.

einen Seite die Stammknospe (a), schon von 2 Blattanlagen (b u. c) umgeben, nach der andern Seite die Anlage zur ersten Wurzel (r). Sobald der Same keimt, dehnt sich der Samenlappen aus, er verzehrt sowohl den Inhalt als die verdickten Wandungen des Sameneiweißes ganz allmälig. Die Wurzelanlage bricht zuerst aus der Samenschale hervor, bald darauf folgt auch der Stamm. Die 3 ersten Blätter der jungen Pflanze (b, c u. d) entwickeln keine Blattfläche, erst das vierte Blatt (e) kommt zur vollständigen Ausbildung.

Die Dattelpalme (Phoenix dactylifera) verhält sich bei der Keimung etwas anders; schon das dritte Blatt wird dort vollständig ausgebildet. Der Samenlappen des sehr kleinen Keims verzehrt auch hier die Zellen des Sameneiweißes sammt ihrem Inhalt. Die Keimpflanze senkt sich mehrere Zoll tief in den Boden; dasselbe gilt für die cocosartigen Palmen, vielleicht für alle, welche bestimmt sind, einen hohen Stamm zu entwickeln. Bei der Cocospalme, deren Nuß mit 3 Keimlöchern versehen ist, tritt die Keimpflanze aus einem dieser Löcher hervor, bisweilen treibt, wie schon bemerkt, jedes Loch eine Keimpflanze. In diesem Falle waren 3 Keime vorhanden.

Unsere Getreidearten keimen ähnlich wie Chamaedorea, doch mit dem Unterschiede, daß nur das erste Blatt der Stammknospe des Keimlings scheidenförmig bleibt und keine Blattfläche ausbildet, und daß bei einigen Arten, z. B. beim Weizen und Roggen, schon im Keime mehrere Wurzelanlagen vorhanden sind.

Für die physiologische Bedeutung der Samenlappen giebt uns die Keimung der wenigen hier aufgeführten Pflanzen wichtige Belege. Bei den Nadelbäumen, deren Keim in einem Sameneiweiß liegt, dienen die Samenlappen zuerst mit zur Aufnahme der Nahrungsstoffe aus dem letzteren, die Unterseite der Samenlappen ist mit einer epitheliumartigen Oberhaut bekleidet. Ist das Sameneiweiß verzehrt, ist die Samenschale abgestreift, so sorgen dieselben Samenlappen, gleich den übrigen Blättern, für atmosphärische

Nahrung. Ihre Oberseite besitzt eine mit Spaltöffnungen versehene Oberhaut. — Bei der Buche, Birke und Erle ernähren die Samenlappen anfänglich, jedoch nur für kurze Zeit und zwar durch die in ihnen selbst angehäuften Nahrungsstoffe, das junge Pflänzchen, hier ist kein Sameneiweiß aufzusaugen; die untere Seite der Samenlappen ist gleich den Blättern dieser Bäume mit Spaltöffnungen versehen, die Samenlappen dienen, der Samenschale entschlüpft, sehr bald als wahre Blätter. Bei der jungen Buche, die nur wenig Blätter bringt, bleiben die großen Samenlappen bis zum Herbst, sie sind zur Ernährung des Bäumchens nothwendig. Bei der Birke und Erle, welche sich schon im ersten Jahre ziemlich stark belauben, sind die sehr kleinen Samenlappen bald entbehrlich, sie vertrocknen frühzeitig. — Die Samenlappen der Eiche, der Kastanie und Wallnuß ersetzen gewissermaßen das fehlende Sameneiweiß, sie bleiben immer im Boden, wachsen nicht weiter, werden dagegen durch die Keimpflanze selbst ihres Inhalts beraubt und vermodern zuletzt in der Erde. — Der Samenlappen der Palmen und der Getreidekörner dient endlich nur zur Aufsaugung des Sameneiweißes, er bleibt gleich den Samenlappen der Eichel innerhalb der Samenschale; er wächst aber, ja er vergrößert sich in demselben Maße als das Sameneiweiß, durch ihn aufgezehrt, verschwindet. Den Samenlappen der Eiche, Kastanie u. s. w., desgleichen der Palme fehlen die Spaltöffnungen, dieselben bedürfen ihrer nicht, da sie niemals an die Luft treten, niemals als ein wahres Blatt für atmosphärische Nahrung sorgen. Der Samenlappen der Palmen und der Gräser stirbt, sobald das Sameneiweiß verzehrt ist; sein Geschäft ist jetzt beendet.

Die Bestimmung der Samenlappen ist in allen Fällen zunächst auf die Zuführung kohlenstoffreicher Nahrung für das Keimpflänzchen gerichtet. Der Gehalt an stickstoffhaltiger Substanz scheint dagegen im Samenlappen zur Ernährung der Keimpflanze nicht genügend, die letztere muß sich denselben, mit anderen chemischen Stoffen, zunächst aus dem Boden entnehmen. In allen Fällen tritt die Wur-

zel zuerst aus der Samenschale, in allen Fällen entwickelt sie sich anfänglich kräftiger als der Stammtrieb. Hebt man eine keimende Eichel aus der Erde und bringt sie in eine feuchte Atmosphäre, so wächst die Wurzel nach vierzehn Tagen kräftig fort, reichlich Seitenwurzeln entwickelnd, dann aber stirbt sie ab, obschon die Samenlappen noch von Stärkmehl strotzen; der Mangel an Bodennahrung, wahrscheinlich zunächst der stickstoffhaltigen Verbindungen, welche die Wurzel sicher in größter Menge der Pflanze zuführt, muß hier die Ursache des Absterbens sein.

Bei sehr nahe verwandten Pflanzen sehen wir im Verhalten der Samenlappen wesentliche Verschiedenheiten. Die Buche bringt ihre Samenlappe über die Erde; die ihr nahe verwandte Kastanie begräbt dagegen ihre Keimblätter im Boden. Die Erbse folgt ihrem Beispiel, während die Bohne und die Lupinusarten ihre Keimblätter über der Erde entfalten. Jede Pflanzenart zeigt demnach schon von Anfang an wesentliche Verschiedenheiten. Es ist die Aufgabe der Wissenschaft, diese Verschiedenheiten näher zu erforschen.

Man hat früher als Charakter der Wurzel, das Bestreben derselben nach abwärts zu wachsen, angegeben; daß diese Ansicht nicht begründet ist, beweist jegliche Seiten- oder Zweigwurzel, die in der Regel eine wagerechte Richtung annimmt. Aber dennoch ist an der Sache etwas Wahres; die Hauptwurzel des dicotyledonen Keimlings scheint nämlich immer nach abwärts zu streben, während sich der Stammtrieb immer nach aufwärts richtet. Die Eiche liefert hierfür die herrlichsten Beweise; je nach der Lage der Eichel im Boden dreht sich nämlich sowohl die Wurzelanlage als der Stammtrieb. Wenn die Eichel mit ihrem stumpfen Ende nach abwärts im Boden liegt, erfolgt diese Drehung am stärksten, sowohl die junge Wurzel als der junge Stammtrieb müssen sich umwenden. Man erkennt diese Drehung noch im fünften und sechsten Lebensjahre des Baumes. — Bei allen Samen, welche ihre Samenlappen über die Erde bringen, dreht sich die Wurzelanlage bei ungünstiger Lage des Samens gleichfalls (Taf. 2, Fig. 17.), die Krümmung verbleibt

aber nicht wie bei der Eiche, die Axe mit den Keimblättern richtet sich alsbald empor (Taf. 2, Fig. 3.).

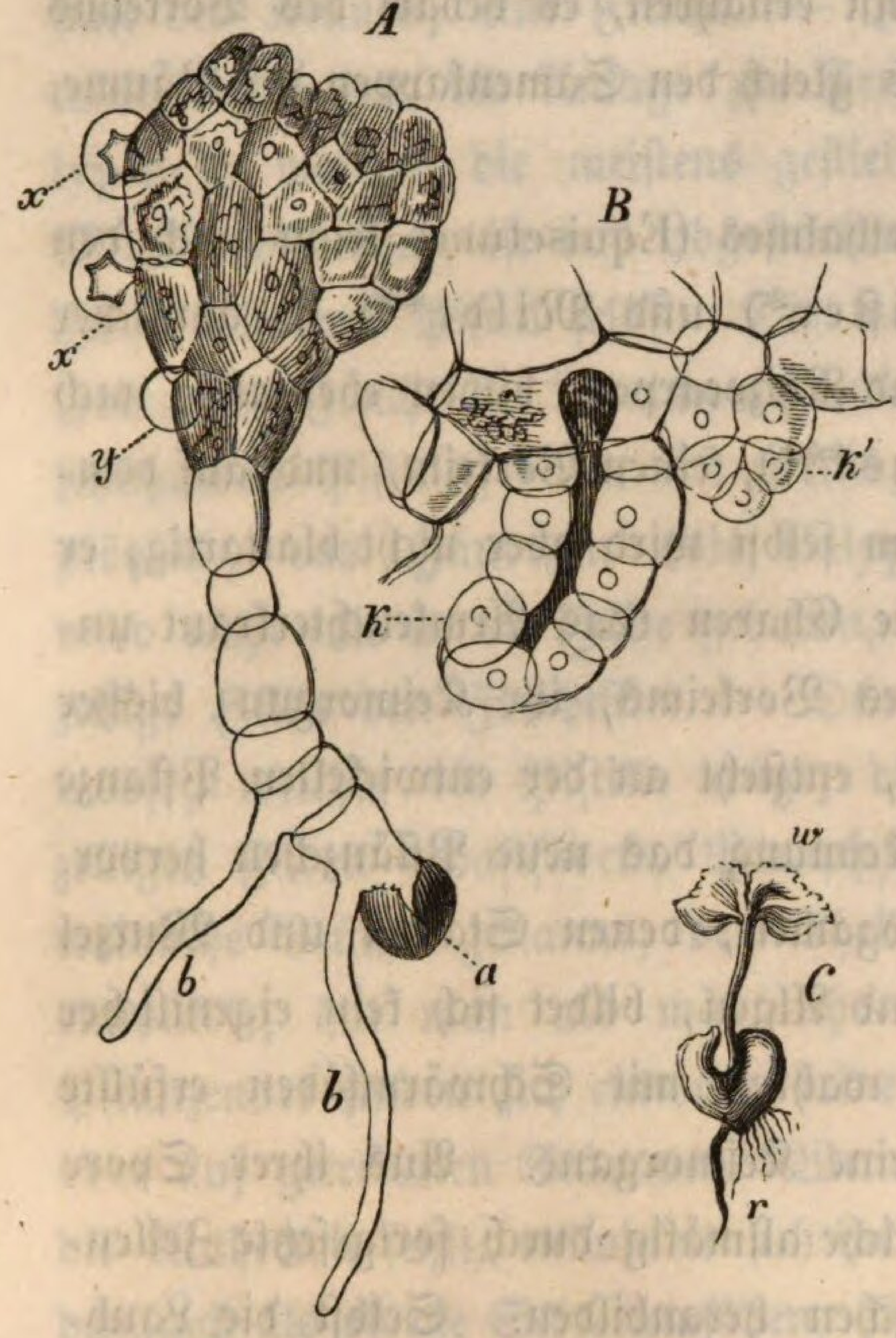
Das Abkneipen der Wurzelspitze, bald nach dem Hervortreten der ersten Wurzel ist in neuerer Zeit für Eichenanpflanzungen mehrfach empfohlen worden. In der Regel bilden sich bei solchem Verfahren zwei oder drei Seitenwurzeln stärker aus als es sonst geschehen würde; man glaubte deshalb der jungen Pflanze auf diese Weise mehr Bodennahrung zuführen zu können. Meine Beobachtungen sind dieser Ansicht nicht günstig; die zwei oder drei nach dem Abkneipen der Pfahlwurzel entstandenen, ungleich schwächeren, Seitenwurzeln überwiegen in keinem Falle die einzige, viel kräftigere, Hauptwurzel der unbeschädigten Pflanze, welche durch ihre zahlreichen Seitenwurzeln sehr wohl den jungen Baum ernähren kann. Die Natur weiß am besten, was ihren Kindern nützt; wo es darauf ankommt, einen gesunden kräftigen Baum heranzuziehen, muß man derselben niemals in die Zügel fallen! — Unsere Culturpflanzen kränkeln mehr oder weniger, weil wir ihre normale Lebensweise mehr oder weniger beschränken und verändern und gerade dadurch sie bisweilen für unsere Zwecke brauchbarer machen. Um viel Blüthen und Früchte zu gewinnen, rauben wir dem Baum die jungen Zweige, welche seinen Saft verzehren würden; wünschen wir einen langen Stamm, so entfernen wir gleichfalls die Mehrzahl der Zweige, die ganze Kraft des Baumes wirft sich alsdann auf den Haupttrieb; verlangen wir endlich viel Zweige oder eine mächtige Krone, so beseitigen wir den Haupttrieb. Alle diese Verhältnisse sind nicht normal; sie wirken verändernd auf das ganze Leben des Baumes, sowie jeglicher Pflanze. Vom Waldbaume verlangt man bisweilen lange, gerade Stämme; letztere, sowie ein festeres Holz, jedoch mit schwächeren Jahresringen, erhält man durch das Erziehen im geschlossenen Bestande. — Der Bäume Eigenthümlichkeiten muß man in der Natur studiren. Um schöne, dem Staate vortheilhafte Waldungen heranzubilden, muß man jede Baumart in ein ihrem Leben angemessenes Verhältniß bringen.

Die jungen Tannen und die jungen Fichten verlangen einen schattigen Stand, man erzieht sie am besten im Tannen- oder Fichtenwalde selbst. Die Buche und die Eiche verlangen dagegen in den ersten Lebensjahren eine leichtere Stellung, im Schatten gedeihen dieselben minder gut. Jeder Baum, jede Pflanze hat von ihrem Entstehen an ihre Eigenthümlichkeiten, ja ich möchte fast sagen, jede einzelne Pflanze selbst ist nicht der andern gleich. Auf demselben Pflanzenbeete findet man neben einander junge Bäume, welche in dem Grade ihrer Entwickelung durchaus verschieden sind. Das eine Bäumchen ist kräftiger als das andere, das eine macht einen zweiten Trieb, das andere nicht. Wie ein Thier nicht durchaus dem andern gleicht, so verhält sich auch die eine Pflanze nicht durchaus wie die andere.

Die Keimung der Monocotyledonen unterscheidet sich, außer der Zahl des einzigen Samenlappens, noch durch die Bildung der ersten Wurzel von den Dicotyledonen. Bei den letzteren wird das Wurzelende des Keimes (die Radicula) selbst zur ersten Wurzel (vgl. Fig. 30, S. 55). Alle Dicotyledonen keimen, soweit mir bekannt, mit einer wahren Pfahlwurzel, letztere ist die Verlängerung des Wurzelendes selbst. Die Pfahlwurzel stirbt jedoch bei einigen Pflanzen frühzeitig ab, es entstehen Neben- oder Seitenwurzeln. Die Anlage der ersten Wurzel liegt dagegen bei den Monocotyledonen innerhalb des Keimes, sie durchbricht das Gewebe des letzteren, in ähnlicher Weise wie jede Neben- oder Seitenwurzel das Gewebe der Rinde durchbohrt. Auch die Palme keimt deshalb mit keiner wahren Pfahlwurzel (vgl. Fig. 32, S. 69). Die Gräser keimen zum Theil mit mehreren Nebenwurzeln.

Bei den höheren Kryptogamen kann man ebenfalls von einer Keimung reden, der Keim selbst entsteht hier freilich erst, wenn die Keimung beginnt. Aus der Spore, dem Samen, der Farrenkräuter bildet sich anfänglich eine Zellenfläche (Fig. 33), der Vorkeim. Auf demselben erscheinen zweierlei Organe, in dem einen, in der Antheridie (Fig. 33 A. x), entstehen die Schwärmfäden (vgl. S. 46); in dem

Fig. 33.



anderen, in dem Keimorgan (Fig. B. k), bildet sich aus einer freien, dort vorhandenen Zelle, durch Zellentheilung ein rundes Körperchen, welches ich als Keim bezeichnen möchte. Das letztere entwickelt nach der einen Seite hin den Vegetationspunkt der Stammknospe, nach der anderen dagegen die Anlage zur ersten Wurzel. Unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe entsteht der erste Wedel der jungen Farrenkrautpflanze. Die Spitze der ersten Wurzel ist auch hier, allen wahren Wurzeln entsprechend, mit einer Wurzelhaube bekleidet. Die Keimpflanze bildet nach einander neue Wedel und neue Wurzeln. Der Vorkeim stirbt allmälig ab; im Anfang sorgt derselbe für die Nahrung der jungen Pflanze, seine grüne blattartige Fläche liefert dem Keim athmosphärische Nahrung, während die zahlreichen Wurzelhaare seiner Unterfläche für Bodennahrung sorgen. Das Keimorgan sowohl als die Artheridien bilden sich an der Unterseite des Vorkeims. Die ersten Wedel richten sich in die Höhe (Fig. C. w),

Fig. 33. Keimung eines Farrenkrautes (Pteris serrulata). A Der Vorkeim aus der Spore hervorgegangen. a Die Spore. b Wurzelhaare. x u. y Artheridien. (80 mal vergrößert.) B Theil eines Längsschnittes durch einen weiter entwickelten Vorkeim. k Ein Keimorgan, dessen Halstheil sich noch nicht geöffnet hat. k' Ein ganz junges Keimorgan. (200 mal vergrößert.) C Die junge Pflanze mit ihrem Vorkeim in natürlicher Größe. w Der erste Wedel. r Die erste Wurzel.

während die jungen Wurzeln (r) in den Boden dringen. Das Pflänzchen kann sich jetzt allein ernähren, es bedarf des Vorkeims nicht mehr, der letztere stirbt ab gleich den Samenlappen der Bäume, sobald sein Zweck erfüllt ist.

Die Spore des Schachtelhalmes (Equisetum) keimt nach den Untersuchungen von Hofmeister*) und Milde**) in ähnlicher Weise. Die Lycopodiaceen und Rhizocarpeen bilden ebenfalls, nach Hofmeister und Mettenius***), einen Vorkeim, und auf demselben Keimorgane; der Vorkeim selbst wird aber nicht blattartig, er verläßt die Spore nicht. Die Charen (das Armleuchterkraut unserer Sümpfe) bedürfen keines Vorkeims, ihr Keimorgan, bisher fälschlich als Spore bezeichnet, entsteht an der entwickelten Pflanze selbst, aus ihm tritt bei der Keimung das neue Pflänzchen hervor.

Bei den niederen Kryptogamen, denen Stamm und Wurzel fehlen, den Pilzen, Flechten und Algen, bildet sich kein eigentlicher Vorkeim, es entstehen keine wahre, mit Schwärmfäden erfüllte Antheridien, es bilden sich keine Keimorgane. Aus ihrer Spore entwickeln sich Zellenfäden, welche allmälig durch fortgesetzte Zellenvermehrung ein neues Pflänzchen heranbilden. Selbst die Laub- und Lebermoose, allerdings mit Stamm und Blättern versehen, aber ohne eine wahre Wurzel, besitzen keinen eigentlichen Vorkeim. Aus der Spore entsteht ein zelliges, oft (bei vielen Laubmoosen) confervenartiges Gebilde, das an bestimmten Stellen durch Zellenvermehrung einen oder mehrere kleine Stämme entwickelt. Dieser sogenannte Vorkeim der Laub- und Lebermoose trägt niemals Antheridien, niemals Keimorgane; erst die entwickelte Pflanze bildet Antheridien, mit Schwärmfäden versehen und gleichzeitig Organe, welche im Bau dem Keimorgan entsprechen und als Pistille bekannt sind. Im Grunde eines solchen Pistills, dessen Halstheil sich öffnet, entsteht, wie in der Höhle des Keimorgans der Farrenkräuter, nach

*) W. Hofmeister. Keimung der höheren Kryptogamen.
**) Milde. Acta academiae Leopold. Carol. Vol. XXIII. P. II.
***) Mettenius. Beiträge zur Botanik.

Hofmeister eine freie Zelle; aus der letzteren entwickelt sich hier, statt des Keimes, eine Frucht. — Im Pistill der Laubmoose entwickelt sich nur die Anlage zur Frucht; das Häubchen (die Calyptra), welches die meistens gestielte Moosfrucht in Form eines Mützchens bedeckt, ist das abgestorbene, mit der Moosfrucht in die Höhe gehobene Pistill selbst. Die meistens mit vier Klappen aufspringende Frucht der Lebermoose bedarf dagegen bis zur Reife des schützenden Pistills; dann erst verlängert sich der saftige Fruchtstiel plötzlich, das Häubchen (die Calyptra) wird durchbrochen, es wird nicht mit in die Höhe gehoben, es umgiebt, als durchbrochene zellige Hülle den Fruchtstiel. — Den Theil der Laub- und Lebermoose, welcher die Pistille trägt, die in der Regel von langen zelligen Fäden (Saftfäden, Paraphysen) umgeben sind, hat man weibliche Blüthe genannt; den Theil dagegen, der die Antheridie entwickelt, hat man als männliche Blüthe bezeichnet. Nach der Pflanzenart finden sich entweder beide Organe auf derselben Pflanze oder auf getrennten Stämmen. Wenn bei Laub- und Lebermoosen die Antheridie fehlt, entwickelt sich im Pistill keine Frucht; es scheint demnach als ob die Schwärmfäden, ähnlich den sogenannten Samenthieren der Thiere, zur Befruchtung nothwendig wären. In der Regel stehen mehrere Pistille neben einander, während nur in seltenen Fällen mehr als eines derselben eine Frucht entwickelt. Tausende von Schwärmfäden kommen etwa auf ein Pistill eines Mooses oder auf ein Keimorgan eines Farrenkrautes; zahllose Pollenkörner sind gleichfalls bei den Phanerogamen oftmals für eine einzige Samenknospe (z. B. beim Buchweizen und bei Taxus) gebildet. — Je größer in der Natur die Schwierigkeit zur Erreichung eines bestimmten Zieles, um so größer erscheint die Zahl der Wesen, durch welche dieses Ziel erreicht werden kann.

Die Keimung einer jeden Pflanze zeigt, wie wir gesehen, neben durchgreifenden allgemeinen Gesetzen, bestimmte Eigenthümlichkeiten. Aus der Spore eines Pilzes wird immer nur ein Pilz derselben Art entstehen; aus dem Samen einer phanerogamen

Pflanze wird immer nur ein bestimmtes Gewächs hervorgehen; wir müssen demnach für jede Pflanzenart außer den allgemein gültigen noch besondere Bildungsgesetze annehmen; woraus dieselben entspringen, ist eine zur Zeit nicht zu lösende Frage. Die chemische Beschaffenheit des Zelleninhalts, die physikalischen Verhältnisse der Zellenwand, desgleichen die Anordnung bestimmter Zellen selbst, bedingt gewiß zum großen Theil die Eigenthümlichkeiten einer jeden keimenden Pflanze. Der Keim einer Pflanze ist, wie wir gesehen, innerhalb gewisser Grenzen anders gebaut als der Keim einer anderen; die chemischen Bestandtheile des Zelleninhalts, sowie der Zellmembran, sind ebenfalls nach der Pflanze verschieden. Die Stammknospe (Plumula) der einen Pflanze besteht nur aus einem Vegetationspunkt (bei der Eiche, Buche, Birke, Erle u. s. w.), während die Stammknospe anderer Pflanzen bereits Blätter besitzt (bei den Gräsern, den Palmen, bei der Haselnuß u. s. w.); die Stammknospe der Wallnuß hat endlich schon vor der Keimung einen ziemlich langen Stammtrieb mit zwei gegenständigen Reihen von Axillarknospen gebildet, den Vegetationspunkt der Knospe umgeben gefingerte Blätter als Anlage der ersten zusammengesetzten (gefiederten) Blätter dieses Baumes.

Die Verrichtung der Samenlappen ist, wie wir ebenfalls gesehen, bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Der Keim der einen Pflanze besitzt einen Verdickungsring mit Cambiumbündel ohne Gefäße (bei den Nadelhölzern, bei der Buche, Erle und Birke); der Keim der anderen hat im Verdickungsringe und in den Cambiumbündeln der Samenlappen bereits Gefäße entwickelt (bei der Eiche, Kastanie und Wallnuß). — Jede Pflanze führt von ihrem Entstehen an ihr eigenes Leben.

III.

Die Stammknospe und die Wurzelknospe.

Die Knospe, das Auge des Baumes oder Strauches, ist Jedermann bekannt. Wenn wir aufmerksam den Baum betrachten, finden wir diese Augen sowohl am Ende jedes Zweiges, als in der Achsel der meisten Blätter. Die Knospen fallen nicht ab, wenn der Baum im Herbst seine Blätter verliert, sie schwellen im Frühling an, aus ihnen tritt der neue Trieb, aus ihnen treten die Blüthen hervor. Aehnliche Knospen durchbrechen, wo keine Blätter sitzen, die Rinde des Baumes.

Die hier beschriebenen Knospen entwickeln einen jungen Stammtrieb, der entweder den Hauptstamm oder die Zweige verlängert, der entweder einen neuen Zweig erzeugt oder endlich gar eine Blüthe entwickelt. Diese Art der Knospen, welche man bisher allein als solche bezeichnete, nenne ich Stammknospen; aus ihnen entsteht niemals eine Wurzel.

Viele Gräser, Palmen und andere monocotyledone Gewächse entsenden aus der Anschwellung ihres Stengels, aus dem sogenannten Knoten, Nebenwurzeln. Beachtet man deren Erscheinen, so sieht man zuerst äußerlich eine kleine runde Erhöhung und bald darauf ein kleines kegelförmiges Körperchen die Rinde durchbrechen, das, allgemach sich verlängernd, zur Wurzel wird. Gräbt man die Wurzel irgend eines Baumes, z. B. der Tanne oder der Erle,

vorsichtig aus dem Boden, so sieht man an den kräftig vegetirenden Wurzeln überall in gleicher Weise Seitenwurzeln hervorsprossen. Diese Anlage zur neuen Wurzel nenne ich **Wurzelknospe**; aus ihr kann **unmittelbar** niemals ein Stamm, niemals eine Blüthe hervorgehen; die Wurzelknospe kann aus sich nur eine Wurzel bilden.

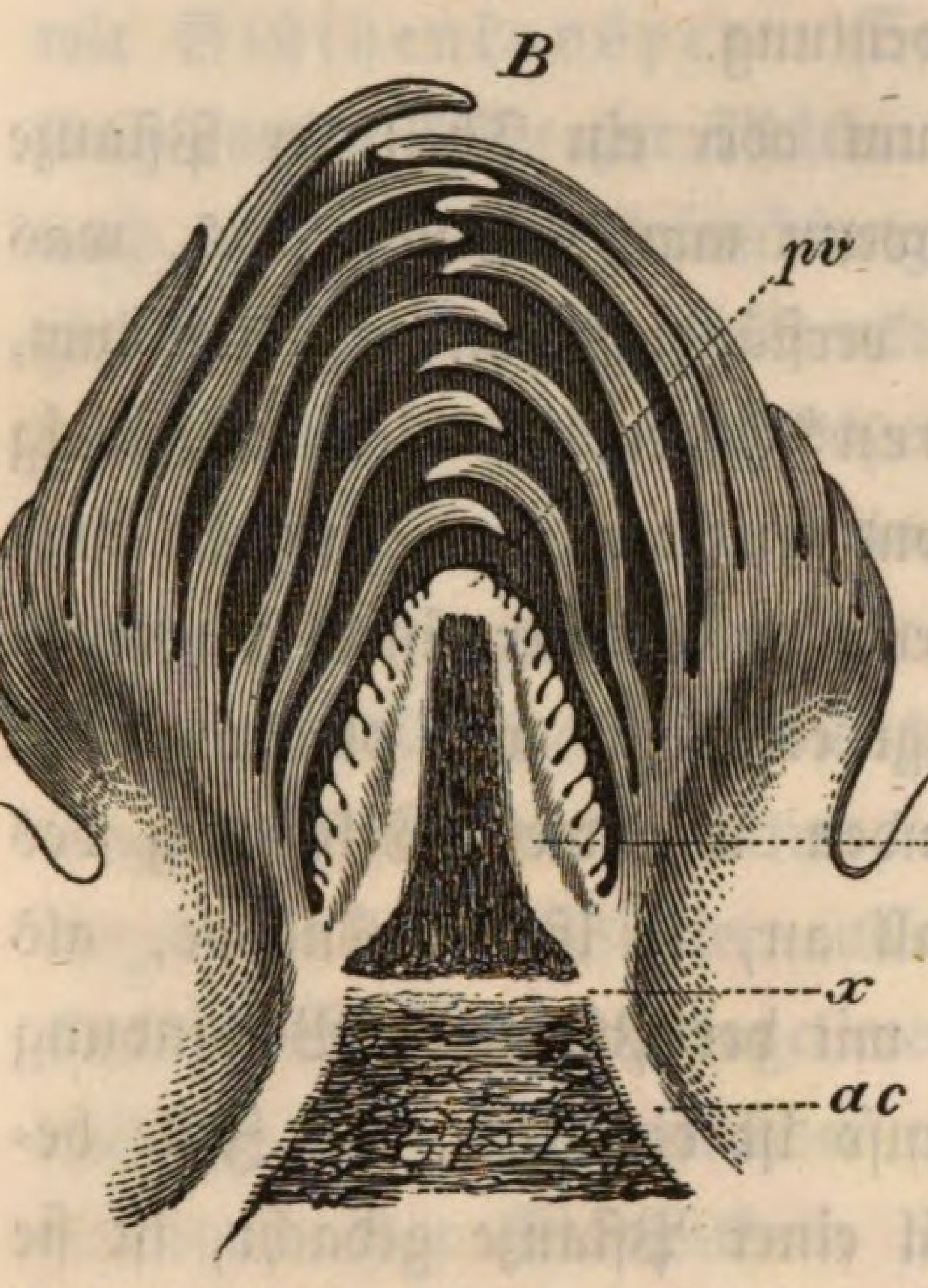
Wir haben im vorigen Abschnitt schon am Keime selbst den Gegensatz der Stammknospe und der Wurzelknospe kennen gelernt. Aus der ersteren (der Plumula) entwickelt sich der Stamm, aus der letzteren (der Radicula) entsteht die erste Wurzel.

Die Stammknospe trägt in allen Fällen, sowohl am Keim, wie an der entwickelten Pflanze, ihr jüngstes fortbildungsfähiges Zellgewebe unmittelbar an ihrer Spitze. Die letztere endigt mit einem kegelförmigen Körperchen, dem Vegetationspunkt; derselbe ist der wesentlichste Theil der Stammknospe, die Blätter entstehen unter ihm. Zum Begriff der Stammknospe in meinem Sinne gehört demnach zunächst der freie, d. h. von keiner Wurzelhaube bedeckte, Vegetationspunkt. Das Federchen (die Plumula) der Nadelhölzer, der Eiche, Buche u. s. w., nur aus dem Vegetationspunkt bestehend, ist so gut eine Stammknospe als das Federchen der Wallnuß, der Palme und des Getreides, deren Vegetationspunkt bereits mehrere Blattanlagen gebildet hat. Wenn in der Achsel eines Blattes oder an irgend einer anderen Stelle einer Pflanze eine neue Stammknospe entsteht, so ist der Vegetationspunkt immer der Anfang derselben, die Blätter, welche ihn später umgeben, entstehen erst aus und durch den letzteren.

Die Wurzelknospe oder die Anlage zur Wurzel trägt niemals ihr jüngstes fortbildungsfähiges Gewebe unmittelbar an ihrer Spitze, ihr Vegetationspunkt liegt nicht frei, er ist von einer zelligen Hülle, der Wurzelhaube, bedeckt (Taf. 1, Fig. 4 u. 19x). Dies Würzelchen des Keims der Dicotyledonen, eine wahre Wurzelknospe, ist von älteren Zellenschichten, welche den jüngsten fortbildungsfähigen Theil der Wurzelspitze, den Vegetationspunkt derselben, schützen,

umgeben. Die Zellenschichten der Wurzelhaube sterben von außen her ab, werden jedoch von innen her durch neue Schichten ersetzt. Bei den Nadelhölzern ist diese Wurzelhaube besonders stark entwickelt. Wo sich eine Wurzelknospe bildet, gleichgültig ob sie als Haupt-, Neben- oder Zweigwurzel auftritt, zeigt sich alsbald ihr Wachsthumsunterschied; die Anlage zur Wurzelhaube differencirt sich schon in den ersten Entwickelungsmomenten der Wurzelanlage.

Fig. 34.



Jede Stammknospe und jede Wurzelknospe zeigt, sobald ihre Entwickelung etwas weiter gediehen ist, einen Verdickungsring, der Mark und Rinde scheidet; derselbe verliert sich in das jüngste fortbildungsfähige Gewebe der Knospe, demnach bei der Stammknospe (Fig. 34) in den freien Vegetationspunkt, bei der Wurzelknospe in das unter der Wurzelhaube gelegene jugendliche Gewebe, in den bedeckten Vegetationspunkt. Bei einer Seitenknospe, d. h. bei einer Knospe, die einen Zweig oder eine Seitenwurzel bildet, steht der Verdickungsring der Knospe jederzeit mit dem Verdickungsring des Mutterstammes oder der Mutterwurzel in unmittelbarer Verbindung; vom Verdickungsring der letzteren ausgehend, entwickeln sich die Gefäßbündel in den Verdickungsring der Knospe. Es ist demnach grundfalsch, irgend eine Art der Knospe, sei es Stamm- oder Wurzelknospe, als ein neues, aus sich entstandenes

Fig. 34. Längsschnitt durch die Hauptknospe eines Tannenzweiges im Herbst. — Unter dem Schutz der Deckschuppen hat sich die Anlage zum Trieb des kommenden Jahres gebildet. — ac Der Verdickungsring. x Die Zellengrenze zwischen dem vorjährigen und dem diesjährigen Triebe. pv Der Vegetationspunkt des neuen Triebes. (Vergrößerung 12 mal.)

Gebilde zu betrachten. Die erste Anlage zu einer neuen Knospe entspringt am Verdickungsring oder in einem fortbildungsfähigen Gewebe der Pflanze, welches Gefäßbündel enthält. Die Gefäßbündel der Knospe sind gewissermaßen Verlängerungen der Gefäßbündel des Pflanzentheiles, aus welchem die Knospe hervorging; niemals aber wächst aus der letzteren ein Gefäßbündel herab zum Stamm oder zur Wurzel. Die Ansicht einiger Naturforscher (du Petit Thouars), daß die Knospe ihre Wurzeln in den Stamm herabsendet, hat deshalb gar keine Bedeutung.

Ob die Knospe ein Individuum oder ein Theil der Pflanze ist, kann nur entschieden werden, wenn man sich über das, was man Individuum nennt, überhaupt verständigt hat. Individuum, oder Einzelwesen, ist nach Schleiden*), dem ich hier vollständig beitrete, „kein eigentlicher Begriff, sondern die rein anschauliche Auffassung irgend eines wirklichen Gegenstandes unter einem gegebenen Artbegriff; von diesem letzteren hängt es allein ab, ob etwas ein Individuum ist oder nicht". Wenden wir diese Erklärung des Wortes Individuum auf unsern Fall an, so ist die Knospe, als Knospe betrachtet, ein Individuum, mit der Pflanze in Verbindung gedacht, ein Theil der letzteren; ebenso ist die Zelle, als Zelle betrachtet, ein Individuum, als Theil einer Pflanze gedacht, ist sie dagegen kein Einzelwesen.

Beschäftigen wir uns jetzt zuerst mit der Stammknospe, deren anatomische Unterschiede von der Wurzelknospe wir bereits kennen gelernt. Es giebt drei Arten der Stammknospe:

1. Die Haupt- oder Endknospe eines Stammtheils (die Terminalknospe). Durch letztere verlängert sich ein Stamm oder Zweig.
2. Die Achselknospe eines Stammtheils (Axillarknospe), selbige entsteht in der Achsel eines jungen Blattes; sie bildet einen neuen Zweig.

*) Schleiden. Grundzüge. Aufl. II. Bd. II. S. 4.

3. Die Nebenknospe (Adventivknospe); selbige kann überall entstehen, wo ein fortbildungsfähiges Gewebe und Gefäßbündel vorhanden sind. Nebenknospen können sich sowohl am Stamm als an der Wurzel und am Blatte bilden; aus der Nebenknospe bildet sich entweder ein neuer Zweig oder eine neue Pflanze.

Stammknospen, welche, statt den Zweig zu verlängern oder einen neuen Zweig zu bilden, sich als Blüthe entwickeln, nennen wir Blüthenknospen. Sowohl eine Endknospe als auch eine Achselknospe kann zur Blüthe werden. Die Samenknospen, welche nach geschehener Befruchtung ein Samenkorn entwickeln, sind gleichfalls veränderte Stammknospen; sie können sowohl aus Endknospen als aus Nebenknospen entstehen.

Das Federchen (die Plumula) des Keimes ist die erste Endknospe der jungen Pflanze, aus ihr entwickelt sich der Stamm, indem sich die Knospe selbst, durch Bildung neuer Zellen und Verlängerung der entstandenen, erhebt und gleichzeitig unter ihrem Vegetationspunkt Blätter entwickelt. Durch die Verlängerung der Knospe als Stammanlage werden die entstandenen Blätter, welche anfangs dicht über einander gebildet wurden, weiter von einander entfernt. Der Stammtheil, welcher zwei Blätter der Höhe nach von einander trennt, heißt Stengelglied (Internodium).

Entweder wird der ganze Umkreis der Stammanlage unter dem Vegetationspunkt zur Bildung eines einzigen Blattes verbraucht, oder es entstehen zwei oder mehrere Blätter auf gleicher Höhe. Werden die Theile des Stammumkreises, auf dem letztere entstanden, in gleichem Grade der Höhe nach ausgebildet, so stehen die neben einander entstandenen Blätter auch später am Stamm auf gleicher Höhe, wir erhalten sodann gegenständige Blätter (Folia opposita), z. B. bei der Roßkastanie, beim spanischen Flieder (Syringa vulgaris), wo immer zwei Blätter einander gegenüber stehen; oder bei dem Waldmeister (Asperula odorata) und vielen anderen Rubiaceen, wo ein ganzer Quirl von Blättern, ein

Blattkreis, auf gleicher Höhe des Stengels erscheint. Für die Blattkreise der meisten Blüthen gilt dasselbe.

Nicht immer sind die Blätter, welche unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe auf gleicher Höhe entspringen, von gleichem Werthe, häufig wird nur ein Blatt vollständig ausgebildet, während zu jeder Seite desselben ein anderes, mehr oder weniger schuppenartig, verbleibt und als Nebenblatt (Stipula) auftritt. Bei den Nadelhölzern werden alle Blattanlagen, die auf gleicher Höhe entstanden sind, auch gleichmäßig ausgebildet; ein Blattkreis entwickelt hier entweder Nadeln oder Deckschuppen. Bei den meisten Laubhölzern ist es anders. Die Buche, die Eiche, die Birke, die Erle u. s. w. sind zu jeder Seite ihres eigentlichen Blattes mit einem Nebenblatt versehen. Bei der Eiche und Birke fällt letzteres frühzeitig ab, bei der Buche hängt es als braune häutige Schuppe neben dem Blattstiel herab, die größeren Nebenblätter der Erle bleiben dagegen längere Zeit frisch und grün. Die Nebenblätter, welche bald abfallen, enthalten in der Regel keine Gefäßbündel, diejenigen dagegen, welche längere Zeit grünen, z. B. bei der Erle, sind mit Gefäßbündeln versehen.

Die Stellung der Blätter in der Knospe, über welche Querschnitte durch letztere die beste Auskunft geben, bedingt zum größten Theil die nachherige Stellung der Blätter am Stamm oder Zweige. Abweichungen von der ursprünglichen Blattstellung können durch dreierlei Ursachen veranlaßt werden: 1. durch ein Verkümmern einzelner in der Knospe angelegter Blätter, 2. durch eine nicht selten vorkommende Drehung des sich ausbildenden Stammtheils, 3. durch eine ungleichseitige Ausbildung des Stammtheils, welcher die Blattanlagen trägt. Wenn genannte Störungen nicht vorkommen, so muß die Stellung der Blätter am Stamm oder am Zweige genau der früheren Lage der Blätter in der Knospe entsprechen.

Die Blätter des Haupttriebes stehen bei einigen Bäumen anders angeordnet als am Seitenzweige; bei der ächten Kastanie steht

an den Haupttrieben das sechste Blatt über dem ersten*), während an den Zweigen zwei Blätter mit einander abwechseln**). In der Knospe des Haupttriebes erscheinen die Blattanlagen ähnlich wie bei der Eiche (Taf. 5, Fig. 3) angeordnet, in der Knospe der Zweige liegen sie dagegen wie Taf. 5, Fig. 1 nachweist. Zwischen zwei Nebenblättern liegt in beiden Fällen die Anlage des Laubblattes.

Vergleicht man den Querschnitt der Stammknospe des Drachenbaums (Dracaena reflexa) (Taf. 6, Fig. 7), wo die jüngsten Blätter den Stengel umfassen, wie dies bei der Mehrzahl der monocotyledonen Laubblätter der Fall ist, mit dem Querschnitt der Knospe unserer Roßkastanie (Taf. 5, Fig. 8), wo zwei Blätter auf einer Höhe entstehen, so sieht man, daß in beiden Fällen die Nebenblätter fehlen. Es liegt die Frage sehr nahe: weshalb entstanden sie nicht? — Betrachtet man den jungen Zweig der Roßkastanie genau, so ergiebt sich die Antwort von selbst: weil hier der ganze Umkreis des Stammes unter dem Vegetationspunkt zur Bildung der beiden gegenständigen Blätter verbraucht ward. Bei Dracaena, sowie bei vielen von mir untersuchten Monocotyledonen, wie überhaupt bei allen Pflanzen mit Blättern, deren Basis ursprünglich den Stengel umfaßt, können keine Nebenblätter auftreten, weil für deren Bildung kein Raum vorhanden ist.

Betrachten wir jetzt den Querschnitt der dreikantigen Achselknospe der Erle (Taf. 5, Fig. 6), desgleichen der Endknospe des Zweiges einer Eiche (Taf. 5, Fig. 3), deren Mark, gleich dem des Stammes und der Zweige, fünfeckig ist, so sehen wir in beiden Fällen zu jeder Seite des Laubblattes ein Nebenblatt. Das Laubblatt und seine beiden Nebenblätter nehmen, wie derselbe Querschnitt zeigt, zu ihrer Bildung den größten Theil des Stammumkreises unter dem Vegetationspunkt der Knospe in Anspruch; es können deshalb in solchem Falle niemals 2 Laubblätter mit einander auf gleicher Höhe

*) $^2/_5$ Stellung nach Alexander Braun (siehe Abschn. V dieses Buches).
**) $^1/_3$ " " " "

entstehen. Aus dem Querschnitt der Eichenknospe ergiebt sich zugleich die Ursache der $^2/_5$ Stellung ihrer Blätter. Die weniger regelmäßige Knospenlage der Erle erklärt dagegen die eben so wenig ganz regelmäßige Blattstellung dieses Baumes, dessen viertes Blatt nicht ganz genau über dem ersten steht.

Die Stammknospe (Plumula) der keimenden Buche entwickelt zuerst zwei mit einander auf gleicher Höhe entstandene, auch später gegenständig bleibende, Blätter, deren Nebenblätter fehlen oder nur kümmerlich angedeutet sind; hier wird der Stammumkreis zur Bildung der beiden Laubblätter verbraucht. Die darauf folgenden Blätter der Buche stehen einzeln, sie sind nach jeder Seite mit einem Nebenblatt versehen, der ganze Stammumkreis wird fortan zur Bildung eines Laubblattes und zweier Nebenblätter verwandt. Die Fliederarten, mit gegenständigen Blättern sind gleichfalls sehr lehrreich. Der gemeine Flieder (Sambucus nigra) zeigt häufig neben der Blattbasis kleine pfriemenförmige grüngefärbte Auswüchse, welche beim Traubenflieder (Sambucus racemosa) als zwei dickere, warzenförmige Erhebungen auftreten, und hier, ihrer Stellung nach, vielleicht als verkümmerte Nebenblätter zu deuten sind. In der Knospe des gemeinen Flieders zeigt sich denn auch, daß nicht der ganze Stammumkreis zur Bildung der beiden gegenständigen Blätter verwehrtet wird.

Wenn die Knospe nicht mehr fortwächst, d. h. wenn sich unter ihrem Vegetationspunkt keine neue Blätter und keine neue Stengelglieder bilden, so schließt sich dieselbe, indem die zuletzt gebildeten Blattanlagen nicht mehr vollständig entwickelt werden, sondern schuppenartig verbleiben. Die zuletzt entstandenen Stengelglieder, deren Blätter zu Deckschuppen wurden, verlängern sich nicht, letztere liegen dicht über einander, sie umschließen den Vegetationspunkt der Knospe (Fig. 34, S. 81; ferner Taf. 1, Fig. 8b).

Nach der Art, wie die Knospe ihre Blätter bildet, schließt sich dieselbe in verschiedener Weise. Wenn keine Nebenblätter vorhanden sind, so werden die angelegten Laubblätter selbst als Deck-

blätter ausgebildet. Wir sehen dies bei der Roßkastanie (Taf. 5, Fig. 8b), desgleichen bei der Tanne und Fichte (Taf. 5, Fig. 12b). Die Deckschuppen der Knospe unserer Roßkastanie so wie des spanischen Flieders (Syringa) stehen je zwei einander gegenüber, sie wechseln paarweise in ihrer Stellung mit einander, wie es den Laubblättern dieser Pflanzen eigen ist. Wenn die Roßkastanie, was nicht gar selten, einen zweiten Trieb macht, so hat man häufig Gelegenheit, den allmäligen Uebergang der Deckblätter in die Laubblätter zu verfolgen; die Fingerblätter der letzteren treten, winzig klein, bisweilen schon am Deckblatt hervor. Wo Nebenblätter vorhanden sind, schließt sich die Knospe in anderer Weise, es entwickeln sich die Nebenblätter überwiegend, während das Laubblatt zwischen ihnen verkümmert, so bei der Eiche, der Buche, der ächten Kastanie ꝛc. Die Nebenblätter, für den Zweig selbst in der Regel sehr unwichtig, sind demnach für die Knospe von großer Bedeutung, unter ihrem Schutz überwintert die schon im Herbst in der Knospe vorgebildete Anlage des nächstjährigen Triebes.

Mehrere oder viele Deckschuppenkreise umgeben in der Regel die schlummernde Knospe. Nach der Art des Baumes sind sie verschieden ausgebildet. Bei der Buche sind ihre Zellen größtentheils verholzt; fast in allen Fällen sterben sie frühzeitig ab. Ihre lufterfüllten Zellen schützen, wie es scheint, als schlechte Wärmeleiter den lebendigen Theil der Knospe vor dem Frost des Winters; unter ihrem Dache erfriert der junge Trieb nur selten, wenn der letztere dagegen im Frühling die Deckschuppen seiner Knospe durchbrochen hat, so bereitet ein einziger Nachtfrost häufig seinen Untergang.

Diejenigen Bäume der Tropen, welche ohne Unterbrechung Blätter bilden, werden auch wahrscheinlich ihre Knospen niemals vollständig schließen, dagegen werden andere tropische Bäume, z. B. der Baobab, welcher nach Trémaux*) vom Dezember bis Juni blattlos ist und sich erst mit dem Eintritt der Regenzeit belaubt,

*) Trémaux, voyage au Soudan oriental.

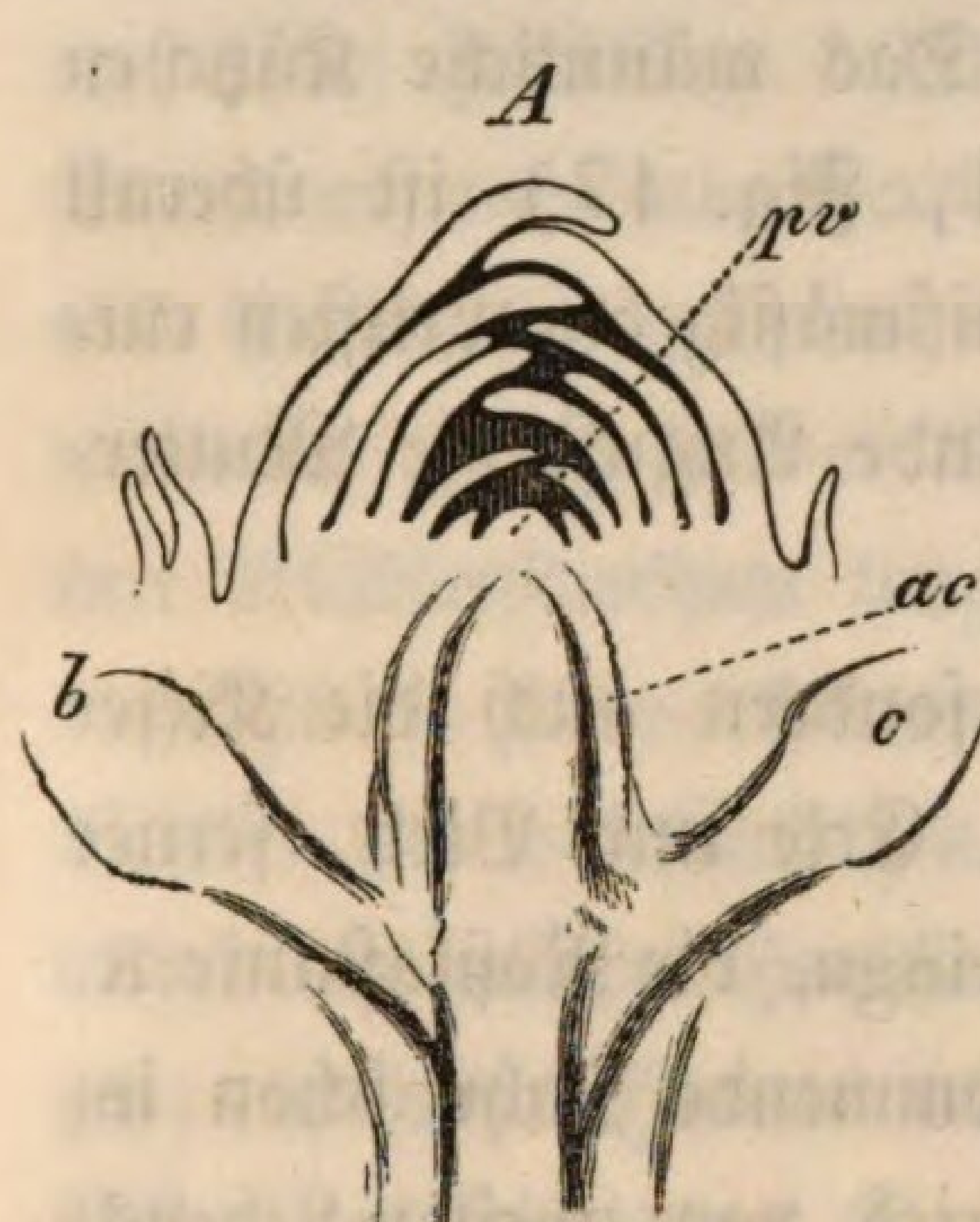
wahrscheinlich wie bei uns, ihre Knospen schließen. Genaue Knospen-Untersuchungen, in den Tropen angestellt, würden für die Wissenschaft viel Interessantes liefern. — Der Gummibaum (Ficus elastica), auf den Blumentischen unserer Damen so beliebt, entwickelt seine einzelnstehenden Blätter, groß und glänzend, unter dem Schutz eines tutenförmigen Deckblattes. Bei Ficus australis sind zwei solcher Tuten vorhanden, sie wechseln, stengelumfassend, miteinander ab (Taf. 5, Fig. 9 b^{I} u. b^{II}). Der Blattstiel des eigentlichen Blattes (a) liegt hier von den Rändern des zweiten Deckblattes umschlossen. Die tutenförmigen Deckblätter fallen ab, sobald sich das eigentliche Blatt entwickelt. Cecropia peltata ist, gleich Ficus elastica, nur mit einem solchen Deckblatt versehen (Taf. 5, Fig. 11). Gewisse Palmen und tropische Aroideen (Calladium Olfersianum) besitzen Deckschuppen, unter deren Schutz ein neues Blatt entsteht. Die verholzten Zellen der Gefäßbündel dieser Deckschuppen bleiben als faserige Scheiden am Grunde der Blätter zurück. Die schuppenförmigen Blätter der Zamia und anderer Cycadeen sind gleichfalls Deckschuppen.

Die Deckblätter (tegmenta) sind demnach ein sehr wesentliches Element der Knospe, sie sind, wie wir gesehen, entweder aus Laubblättern oder aus Nebenblättern entstanden, sie schützen die jugendlichen Theile der Stammknospe.

Wenn sich im Sommer die Stammknospen, durch welche sich der Stamm oder Zweig bis dahin verlängerte, geschlossen haben, was nach der Art und nach dem üppigen Wuchs des Baumes sehr verschieden ist, bei vielen Waldbäumen aber gegen das Ende des Juni erfolgt, so bildet sich schon einige Wochen später unter dem Schutz der Deckschuppen, durch den Vegetationspunkt der Knospe, die Anlage zum Trieb oder zur Blüthe des kommenden Jahres. Der Vegetationspunkt der Knospe scheint demnach im Sommer nur eine ganz kurze Zeit zu ruhen und doch zeigt sich, wahrscheinlich durch diese kurze Ruhe veranlaßt, in seinem Markgewebe eine sehr wesentliche, wie es scheint, niemals fehlende Veränderung. Die Zellen

des letzteren erscheinen von dieser Zeit an etwas verdickt, nur an der Spitze des Vegetationspunktes bleiben sie zartwandig und fortbildungsfähig (Fig. 34, S. 81; ferner Taf. 1, Fig. 17). Diese sichere Beobachtung gilt für alle von mir untersuchten Waldbäume, für die Nadelhölzer so gut wie für die Laubhölzer. Bei der Lerche vertrocknet sogar das Mark unter dem Vegetationspunkt der geschlossenen Knospe, welche im nächsten Jahre ein Blätterbüschel oder einen Blüthenstand entwickelt. Ein Längsschnitt durch die Mitte einer solchen Knospe zeigt durch die Zahl der im Mark entstandenen Luftlücken das Alter derselben.

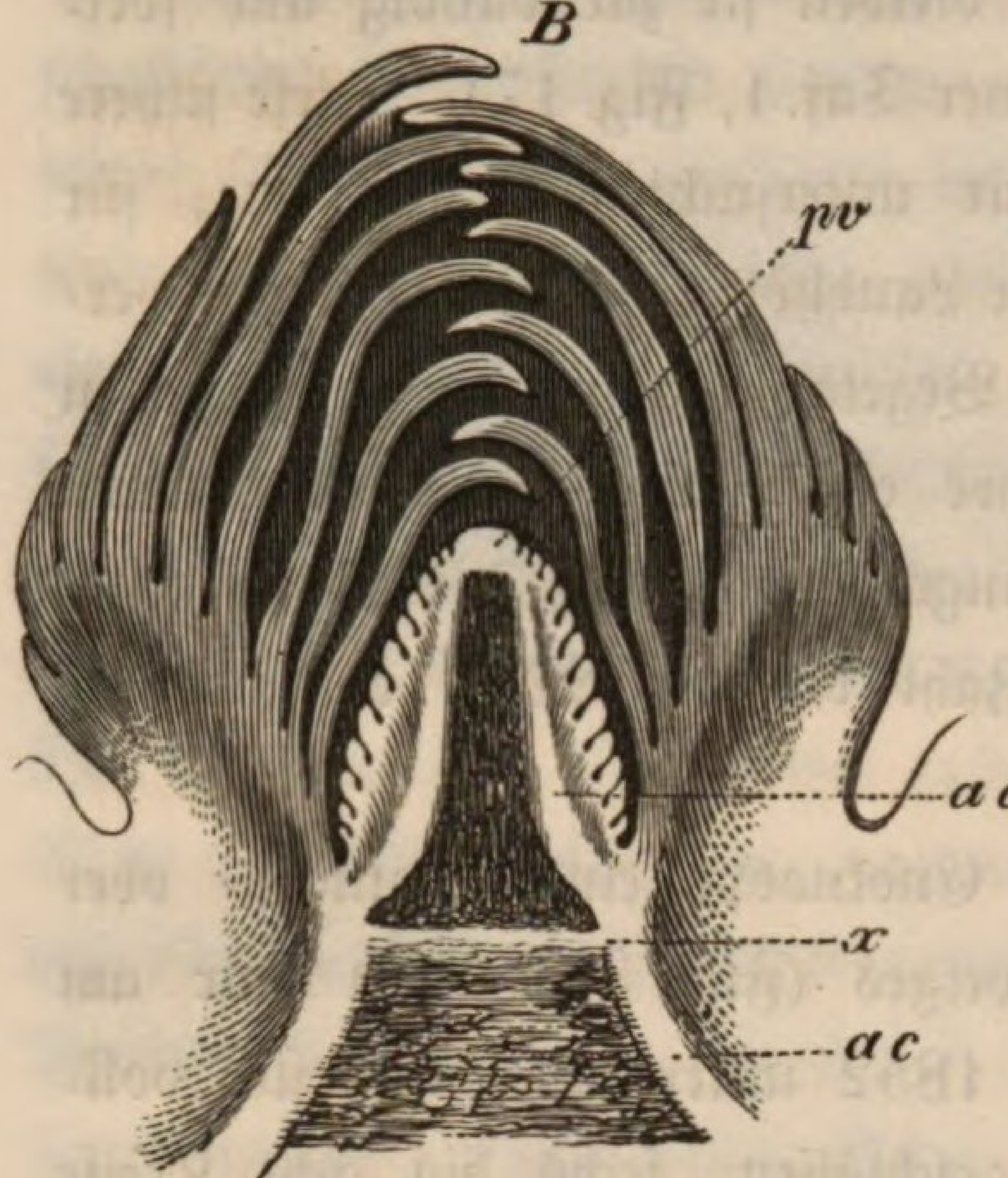
Fig. 35.



Die Endknospe eines Tannen- oder Fichtenzweiges (Fig. 35), von mir am 27. Juli 1852 untersucht, hatte sich vollständig geschlossen, sechs bis acht Kreise von Deckschuppen umgaben den kleinen Vegetationspunkt der Knospe; vom jungen Triebe war noch nichts zu sehen. Das Gewebe des Markes unter dem Vegetationspunkt hatte sich noch nicht in der beschriebenen Weise verändert. Am 26. Aug. untersuchte ich Endknospen desselben Baumes (aus dem Schwarzthal im Thüringer Walde). Die Knospen hatten sich bedeutend vergrößert. Ein Längsschnitt durch ihre Mitte zeigte die durch das neu erwachte Leben des Vegetationspunktes entstandene Anlage zum Trieb des kommenden Jahres (Fig. 36). Die Veränderung, welche das Mark unter dem Vegetationspunkt, um die Zeit als dieser ruhte, erfahren, war jetzt deutlich sichtbar. Der junge Trieb lag nunmehr eingesenkt; der Theil des Stammes, welcher die Deckschuppen trägt, mußte sich demnach innerhalb vier Wochen

Fig. 35. Längsdurchschnitt durch die Endknospe eines Tannenzweiges, am 27. Juli untersucht. ac Der Verdickungsring des Zweiges. b u. c Das Mark, den beiden Seitenknospen angehörig. pv Der Vegetationspunkt der geschlossenen Knospe. (Vergrößerung 12 mal.)

Fig. 36.



verlängert haben. Schon im jungen Trieb sind Mark und Rinde durch den Verdickungsring (ac) getrennt. Gefäßbündel entstehen in letzterem erst, wenn der Trieb im kommenden Frühjahr die Deckschuppen der Knospe durchbricht. Für die Blüthenknospe der Tanne und Fichte, die ich an demselben Tage und von denselben Standorten untersuchte, gilt ganz dasselbe. Das männliche Kätzchen (Taf. 1, Fig. 17) ist überall verhältnißmäßig am weitsten entwickelt, seine Antheren zeigen schon zu Ende August die Mutterzellen des Blüthenstaubes.

Nicht allein die Tanne und Fichte, sondern auch die Kiefer und Lerche, desgleichen die Eiche, Buche, Erle und Birke, ferner der Kirschbaum, der Mandelbaum, die Syringa, die Roßkastanie ꝛc. bilden die Anlage des Triebes für das kommende Jahr schon im Herbst in ihrer Knospe. Die Kiefer, deren Trieb, vom zweiten Lebensjahr der Pflanze ab, in der Achsel eines verkümmernden Blattes eine Knospe bildet (vergl. S. 65), welche zuerst schuppenförmige Blätter und zuletzt die beiden Nadeln entwickelt, zeigt schon im Herbst die Anlage eines neuen Schusses, der in der Achsel seiner Blätter die erwähnte Knospe trägt, aus der sich im kommenden Frühjahr das Nadelpaar mit seiner Scheide entfaltet. Der männliche Schuß desselben Baumes trägt in der Achsel solcher Blätter im Herbst schon seine Blüthenknospen.

Fig. 36. Längsschnitt durch die Endknospe eines Zweiges derselben Tanne, am 26. August untersucht. ac Der Verdickungsring. pv Der Vegetationspunkt der Knospe, auf dem jungen Trieb des kommenden Jahres. x Die Grenze zwischen dem jungen Trieb u. dem Zweig. (Vegr. 12 mal.)

Was für die von mir untersuchten Bäume gilt, wird auch für andere Bäume, ja für alle mehrjährige Pflanzen unserer Zone, die frühzeitig blühen oder frühzeitig einen neuen Trieb entwickeln, Geltung haben. Die Blüthe der im ersten Frühling hervorbrechenden Orchideen (Orchis maculata, Himantoglossum hircinum) sind schon im Herbst (Ende September) vollständig angelegt; später blühende Pflanzen derselben Gattung (Herminium Monorchis, Epipactis latifolia) zeigen dagegen um dieselbe Zeit eine unvollständig eingelegte Blüthenähre. Die Kirsch- und Mandelblüthe ist im Oktober in allen ihren Theilen angelegt. Der gemeine Heckensamen (Ulex europaeus) blüht bisweilen schon im Herbst, häufiger im ersten Frühling. Mitte Oktober 1852 sah ich auf demselben Standort nahe der Berlin-Hamburger Eisenbahn (zwischen Büchen und Schwarzenbeck) in einer geschützten Vertiefung blühende Büsche, während, ganz in der Nähe, freier und höher stehende Exemplare nur Blüthenknospen trugen. Die männlichen Blüthen des Haselstrauchs u. s. w. kommen nicht gar selten schon im Herbst oder Winter zur vollständigen Entwickelung. Der Roggen, früh gesäet, bildet bei mildem Herbstwetter im Dezember stark bestaudete Pflanzen; mehrere Halme erheben sich zollweit über den Boden; die Aehre des keimenden Samens ist nicht selten bereits angelegt. Später, etwa im Oktober gesäet, bildet der Roggen im Dezember nur kleine Pflänzchen, die auf einer Anschwellung des ersten, aus der Plumula entstandenen Stengels, die Anlagen künftiger Halme, als kleine Achselknospen, tragen. Nur wenig, etwa vier bis sechs, Blätter ragen über die Erde. Im letzten Falle, wo die Knospen künftiger Halme noch im Boden liegen, kann das Beweiden der Wintersaat, bei Frostwetter, durch Schafe keinen Schaden bringen, im anderen Falle muß es der Ernte sehr nachtheilig werden.

Die äußere Gestalt der geschlossenen Knospe ist nach dem Mitgetheilten nicht zu jeder Zeit dieselbe. Anfänglich klein, nur aus dem Vegetationspunkt und wenigen Deckblattkreisen bestehend, vergrößert sich die Knospe allmälig mehr und mehr, bis sie im

Herbst gewissermaßen ausgebildet erscheint. Die Knospe einer jeden Baumesart ist dann der Gestalt nach verschieden. Die Buche hat im Herbst eine lange spindelförmige Knospe (Taf. 4, Fig. 4), die Kiefer desgleichen. Die Achselknospe der Erle ist dreieckig und gestielt (Taf. 5, Fig. 7), die Achselknospe der Platane liegt von der Basis des Blattstieles umschlossen, sie wird erst sichtbar, wenn das Blatt abfällt u. s. w.

Ob eine Knospe im kommenden Jahre einen jungen Trieb oder eine Blüthe entwickeln wird, erkennt man nach der Baumesart im Herbst entweder an dem Ort ihres Hervortretens oder an der Gestalt der Knospe selbst. Bei der Tanne erscheint die Knospe, welche im kommenden Jahr den Zapfen bildet, schon im Sommer (Juli) auf der Oberseite eines Gipfelzweiges und zwar vereinzelt, während die Knospen der männlichen Blüthen an der Unterseite solcher Zweige und zwar in beträchtlicher Anzahl neben einander auftreten. Bei der Lerche zeigt sich im Herbst die Knospe des männlichen oder weiblichen Blüthenstandes als runde braungefärbte glänzende Scheibe zwischen dem Blätterbüschel. Sie erscheint sowohl an einjährigen als an mehrjährigen Zweigen. Bei der Tanne sah ich nur an jährigen Zweigen die Anlage zum Blüthenstand. Beim Kirsch- und Mandelbaum sind die Blüthenknospen im Herbst ungleich größer als die Knospen, welche einen Stammtrieb bilden sollen. Bei der Roßkastanie ist die Endknospe eines Zweiges ungleich größer als dessen Axillarknospen.

Die Lage der Deckschuppen einer Knospe wird, da selbige nur unentwickelte Laub- oder Nebenblätter sind, durch die Anordnung, nach welcher der Vegetationspunkt seine Blätter bildet, bedingt, Pflanzen mit gegenständigen Blättern, z. B. die Roßkastanie und die Syringa, haben auch Knospen mit gegenständigen, abwechselnden Deckschuppen. Für die Knospen anderer Pflanzen gilt das auf S. 86 gesagte.

Wenn im Frühling der Trieb die Deckschuppen der Knospen durchbricht, so bleiben die letzteren entweder längere oder kürzere Zeit

stehen. Bei den Nadelhölzern erhalten sie sich jahrelang, sie bilden die sogenannten Quirlansätze, nach welchen der Förster das Alter des jungen Baumes oder jungen Zweiges zählt. An der Buche erkennt man, wenn die Deckschuppen längst abgefallen, an den dicht aufeinander folgenden Stengelgliedern die Stelle, wo sie vormals gesessen. Bei der Eiche, Birke und Erle, desgleichen der ächten Kastanie u. s. w. ist die Stelle der vormaligen Deckschuppen bei nicht zu alten Zweigen gleichfalls an den verkürzten Stengelgliedern sichtbar.

Sobald sich die Endknospe eines Triebes schließt, hört, wie es scheint, auch der Längswachsthum des letzteren auf, das Leben des Zweiges ändert sich um diese Periode; bis dahin entwickelt der Holzring des Stammes überhaupt schwach verdickte, weite Holzzellen, von nun ab werden letztere enger, sie verdicken sich stärker; Frühling- und Herbstholz unterscheiden sich von einander. Bäume, deren Knospen sich frühzeitig schließen, z. B. unsere Nadelhölzer, bilden früher Herbstholz als Bäume, deren Knospen sich erst im Spätsommer schließen, z. B. die Erle und Birke. Die markirte Grenze der Jahresringe entsteht durch das plötzliche Abwechseln des Herbstholzes mit dem Frühlingsholz.

Um die Zeit, wo sich die Knospe schließt, schält sich die Rinde einiger Waldbäume zum zweiten Male leichter (im Frühling schält sie sich, sobald die Vegetation erwacht). Der Cambiumring ist für eine kurze Zeit, für etwa 14 Tage, saftreicher; sobald die Bildung des Herbstholzes beginnt, und unter den Hüllen der Knospe der neue Trieb oder die Anlage zur Blüthe des kommenden Jahres entsteht, verliert auch das Gewebe des Verdickungsringes an seinem Saftgehalt, indem von nun an die gelösten Nahrungsstoffe sowohl zur Anlage des neuen Triebes als auch zur Bildung des Herbstholzes verbraucht werden.

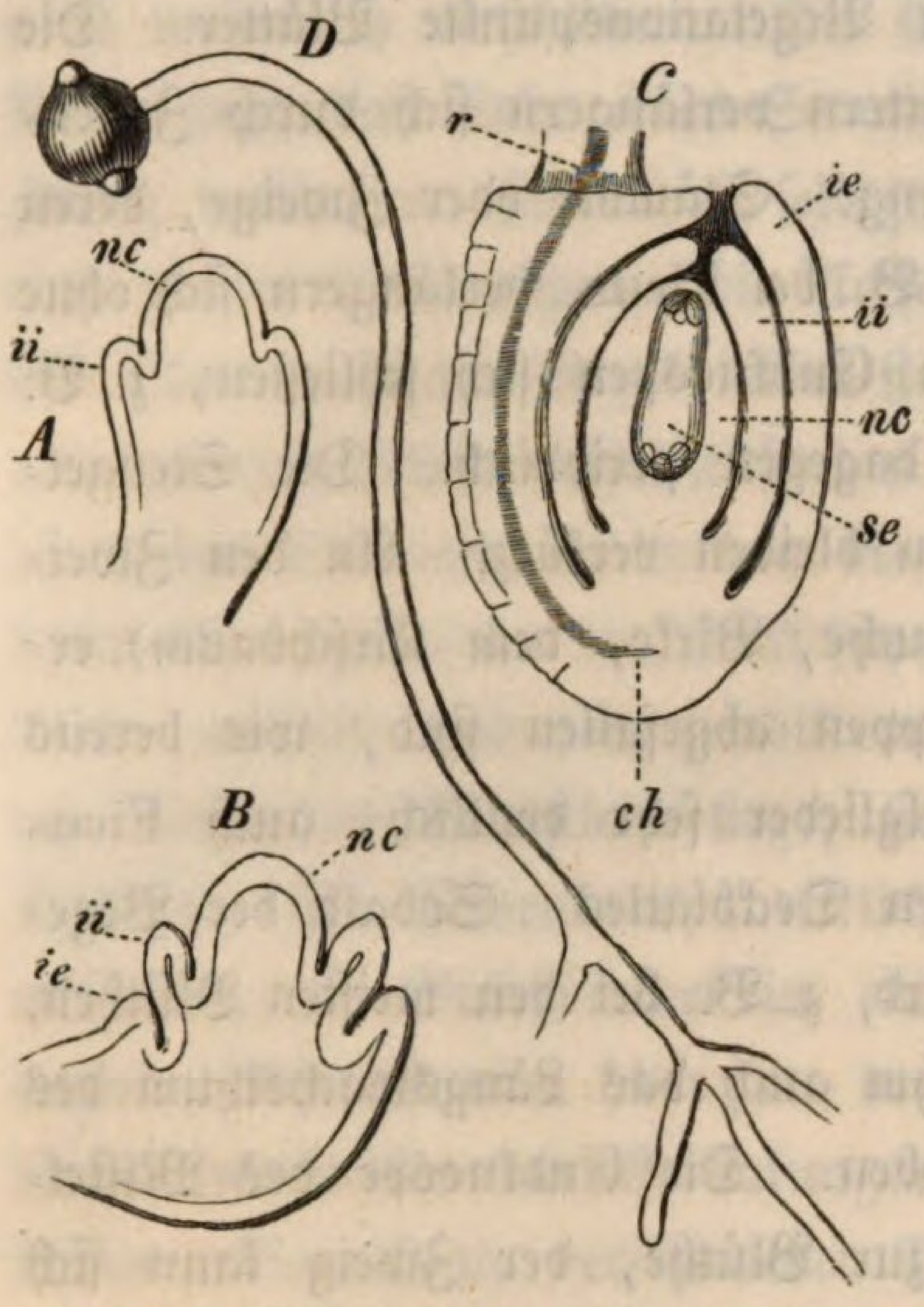
Nicht selten macht der Baum einen sogenannten zweiten oder Augusttrieb; die schon geschlossene Knospe öffnet sich wieder, der Trieb, für das kommende Jahr bestimmt, entfaltet sich schon in dem

Sommer seiner Entstehung. Die Eiche macht gern einen solchen zweiten Trieb und zwar dann, wenn sie keine Früchte bringt. Am Stockausschlag der Eiche vermißt man selten einen zweiten Trieb. Bei der Buche sah ich nur in sehr dicht geschlossenen Beständen das Hervortreten eines Augusttriebes. Bei der Roßkastanie traf ich ihn an stark beschnittenen Bäumen, bei der Fichte nur an jungen Exemplaren; bei der Tanne sah ich ihn niemals. Der zweite Trieb scheint demnach überall nur dann vorzukommen, wenn eine große Menge von Nahrungsstoffen im Baume angehäuft, nicht normal verwerthet wird. Sobald die Eiche trägt, verbraucht sie ihre Säfte zum größten Theil zur Ausbildung ihrer Früchte, sie macht in diesem Falle keinen zweiten Trieb.

Die **Blüthenknospen** und diejenigen Knospen, welche einen Stammtrieb entwickeln, sind anfänglich anatomisch nicht von einander zu unterscheiden, erst wenn sich die Blätter der Blüthentheile ausbilden, erkennt man die Anlage zur Blüthe. Uebergangsformen der Zweigknospe in eine Blüthenknospe sind nicht selten; aus der Spitze des weiblichen Blüthenstandes der Lerche entwickelt sich bisweilen ein beblätterter Zweig; bei der Tanne wird oftmals die Knospe, welche ihrer Stellung nach einen Zapfen entwickeln müßte, als Zweig ausgebildet. — Ueber die Blüthe werde ich im Abschnitt VIII ausführlich reden.

Die **Samenknospen** entstehen bei unseren Nadelhölzern und den Cycadeen frei, entweder am Hauptzweig selbst (Taxus) oder an sogenannten Fruchtschuppen (Abies, Pinus, Larix), welche sich als Knospen, demnach als Zweige in den Achsen der Deckblätter des Zapfens, entwickeln. Bei allen übrigen Phanerogamen bilden sich die Samenknospen in einer besonderen Hülle, dem Fruchtknoten. Die Samenknospe besteht in allen Fällen aus einem Vegetationspunkt, der sich als Knospenkern (Fig. 37) (Nucleus) ausbildet. Unter diesem Knospenkern entsteht entweder gar kein Blatt, dann ist ein nackter Knospenkern (Nucleus nudus) vorhanden (bei Hippuris, Thesium, Santalum) oder es bildet sich unter demselben

Fig. 37.



ein einziges, jederzeit stengelumfassendes Blatt, das keine eigentliche Blattfläche entwickelt, und als einfache Knospenhülle (Integumentum simplex) beschrieben wird (bei den Nadelhölzern und Cycadeen, bei den Personaten u. s. w.) Endlich, und zwar sehr häufig, entsteht ein zweites, dem ersten gleiches Blatt um den Knospenkern; man spricht jetzt von einer doppelten Knospenhülle; man unterscheidet alsdann zwischen einer inneren und einer äußeren Knospenhülle (Integumentum internum et externum) (bei der Eiche, beim Buchweizen und bei allen Monocotyledonen). In seltenen Fällen, z. B. beim Eibenbaum (Taxus) entsteht nach der Befruchtung noch eine andere Knospenhülle, die als Samenmantel (Arillus) beschrieben wird. Eine Zelle im Innern des Knospenkernes wird zum Keimsack oder Embryosack, in dessen Innern sich der Keim ausbildet (vgl. Abschnitt VIII). Abnorme Ausbildungen der Knospenhüllen, die gar nicht selten vorkommen, beweisen die wahre Blattnatur dieser Gebilde. Die Samenknospe ist demnach so gut wie die Blüthe selbst, deren Theil sie ist, eine Stammknospe; nur die Ausbildungsweise der Theile unterscheidet überhaupt die eine Knospenart von der andern. Ueber die Samenknospe werde ich bei der Blüthe ausführlicher reden.

Fig. 37. ABC Entwicklungszustände der Samenknospe des Stiefmütterchens (Viola tricolor). nc Der Knospenkern. ii Die erste, innere, ie die zweite, äußere, Knospenhülle. ch Der Knospengrund (die Chalaza). se Der Keimsack (Embryosack). r Die Nabelschnur (raphe). D Ein verzweigter Pollenschlauch derselben Pflanze. (Vergrößerung 200 mal.)

Durch die Endknospe verlängert sich, wie wir gesehen, der Stamm; sie bildet unter ihrem Vegetationspunkte Blätter. Die Stengelglieder zwischen den Blättern verlängern sich durch Zellenvermehrung und Zellenausdehnung. Stämme oder Zweige, deren Endknospe sich nicht schließt, z. B. bei Ficus, verlängern sich ohne Unterbrechung; Pflanzen, deren Endknospen sich schließen, z. B. unsere Bäume verlängern sich dagegen periodisch. Die Stengelglieder zwischen den Deckschuppen bleiben verkürzt. An den Zweigen der meisten Bäume (der Buche, Birke, dem Kirschbaum) erkennt man, wenn die Deckschuppen abgefallen sind, wie bereits erwähnt, die verkürzten Stengelglieder sehr deutlich, auch Ficus behält die Narbe des abgefallenen Deckblattes. Sobald der Vegetationspunkt selbst verbraucht wird, z. B. bei den meisten Blüthen, oder wenn er abstirbt, ist mit ihm auch das Längswachsthum des Stammes oder Zweiges aufgehoben. Die Endknospe des Mistelzweiges (Viscum album) wird zur Blüthe, der Zweig kann sich nicht mehr verlängern; zu jeder Seite der Endknospe liegt eine Achselknospe, welche nunmehr zu treiben beginnt, daher die so eigenthümliche Gestalt des Mistelzweiges.

Bei einigen Bäumen und Sträuchern stirbt nach Ohlert*) die Endknospe des Zweiges jederzeit ab, der Zweig verlängert sich in diesem Fall durch eine Seitenknospe. Für Syringa scheint dies auch in unserer Gegend immer zu geschehen, bei der Birke finde ich dagegen eben so häufig wahre Endknospen. Ohlert beobachtete dieselben Pflanzen in Königsberg; das Klima eines Ortes scheint demnach auf die Fortbildung der Knospen von Einfluß zu sein. Die Endknospe des Kirschbaumes erfriert leichter als dessen Achselknospe.

Die Endknospen, Achselknospen und Nebenknospen unterscheiden sich im Allgemeinen nur durch die Weise ihres Entstehens und durch ihre Stellung an der Pflanze von einander. Im Bau sind

*) Linnaea 1837, p. 632.

sind sie, die Blätterlage einiger Bäume ausgenommen (S. 84), nicht wesentlich verschieden. Die Endknospe bildet, wie schon ihr Name sagt, das Ende eines Stammes oder Zweiges; Stamm und Zweig verlängern sich durch selbige. Die Plumula des Keimes ist eine wahre Endknospe. Die Achselknospe erscheint in der Achsel des Blattes, in der Regel bildet sie sich bald nach der Entstehung des letzteren; selten entfaltet sie den in ihr entstandenen Trieb schon im ersten Lebensjahr, in der Regel durchbricht derselbe erst im kommenden Frühjahr die Deckschuppen seiner Knospe. Die Achselknospe entsteht aus dem fortbildungsfähigen Gewebe, welches an der Basis des Blattstiels liegt, sie erhält ihre Gefäßbündel vom Stamm. Die Nebenknospe endlich kann überall an der Pflanze entstehen, wo Gefäßbündel in einem fortbildungsfähigen Gewebe liegen. Am Stamm oder an der Wurzel bildet sie sich in der Regel unmittelbar am Verdickungsring, sie durchbricht alsdann die Rinde. Am Blatt verschiedener Pflanzen (Bryophyllum, Cardamina, Malaxis, Asplenium bulbiferum u. s. w.) entsteht sie an bestimmten Stellen. Zuerst entwickelt sich ein kleiner Vegetationspunkt, unter ihm entstehen Blätter, der junge, aus der Adventivknospe entstandene Stamm bildet Nebenwurzeln, er wird zur neuen, für sich bestehenden Pflanze. Die Samenknospen, sowohl an den Fruchtschuppen der Nadelhölzer als im Fruchtknoten der meisten Phanerogamen, müssen als Advertivknospen betrachtet werden. Die Samenknospe von Taxus, desgleichen die Samenknospe des Buchweizens sind dagegen als Endknospen zu deuten.

Die Wurzelknospe, deren Bau wir bereits am Keimling der Nadelhölzer (S. 58) kennen gelernt haben und deren Charakter durch den verhüllten Vegetationspunkt gegeben wird, läßt nach der Weise ihres Vorkommens drei Arten unterscheiden:

1. Die Hauptwurzelknospe, an dem Wurzelende des Keimes; aus ihr entsteht die Haupt- oder Pfahlwurzel der Dicotyledonen.
2. Die Nebenwurzelknospe, welche im Keimlager oder

am Verdickungsring eines Stammtheils entsteht und als Nebenwurzel (Adventivwurzel) hervortritt.

3. Die Seiten- oder Zweigwurzelknospe, welche am Verdickungsring einer Wurzel entspringt und aus der sich eine Seitenwurzel, ein Wurzelzweig, bildet.

Aus der Hauptwurzelknospe des Keimes entwickelt sich unmittelbar die Hauptwurzel. Die beiden anderen Knospenarten entstehen bei den Dicotyledonen, überhaupt bei allen Pflanzen, die mit einer Pfahlwurzel keimen, erst später, und zwar am Stamm und an der Wurzel in der unmittelbaren Nähe des Verdickungsringes, sie entwickeln sich innerhalb der Rinde. Vom Verdickungsring ausgehend, erhebt sich bei ihrer Bildung ein kleiner, anfangs sehr flacher Kegel, dessen erste Anlage von einer Adventiv-Stammknospe nicht zu unterscheiden ist. Sobald sich dieser Zellenkegel vergrößert, erscheint an seiner Spitze die Anlage zur Wurzelhaube. Das Gewebe der Rinde, in welchem die Wurzelknospe liegt, stirbt in seiner Umgebung ab, die junge Wurzelknospe verbraucht dessen Säfte. Vom Verdickungsringe des Stammes oder der Wurzel ausgehend, entsteht nunmehr in der jungen Wurzelknospe selbst ein Verdickungsring und bald darauf durch den letzteren ein Gefäßbündelring. Die Wurzelknospe durchbricht jetzt die Rinde, sie entwickelt sich zur Nebenwurzel oder auch zur Zweigwurzel.

Wurzelknospen können, den Nebenstammknospen gleich, wahrscheinlich überall entstehen, wo Gefäßbündel in einem fortbildungsfähigen Gewebe liegen. Sobald die Zellen des Verdickungsrings verholzen, bilden sich in seinem Umkreis keine neue Wurzelknospen. In der Wurzel der Palmen und des Drachenbaumes, sowie aller von mir untersuchten Monocotyledonen, erlischt die Thätigkeit des Verdickungsrings frühzeitig; nur die jugendliche Spitze solcher Wurzeln bildet neue Seitenwurzeln, dagegen entstehen aus dem dauernd fortbildungsfähig bleibenden Gewebe des Keimlagers selbst (S. 59) fortwährend neue Nebenwurzeln. Der Stamm und die Wurzel unserer Waldbäume, sowie der dicotyledonen Pflanzen überhaupt, sind,

weil ihr Verdickungsring fortdauernd thätig bleibt, auch bis ins höchste Alter zur Bildung neuer Wurzelknospen fähig. Hierauf beruht der große Unterschied der Wurzelbildung bei den monocotyledonen und den dicotyledonen Pflanzen. Die Palme keimt mit einer falschen Pfahlwurzel (S. 69), letztere wird niemals zu einer wahren Hauptwurzel, welche gewissermaßen, z. B. bei der Eiche und Buche die Axe des Pflanzenkeimes nach unten fortsetzt; sie stirbt früher oder später ab, aus dem Keimlager entstehen Nebenwurzeln, die wieder absterben, während fortdauernd neue Nebenwurzeln dem Keimlager entsprossen. Die Schuppenzwiebel der Hyacinthe bildet aus ihrem Keimlager ebenfalls fort und fort Nebenwurzeln.

Eine Wurzelknospe kann, wie bereits erwähnt, am Stamm entstehen. Die Luftwurzeln der tropischen Orchideen, die Luftwurzeln, welche den älteren Stamm baumartiger Farrenkräuter, oftmals als dichtes Wurzelgeflecht, umgeben, sind am Stamm aus Wurzelknospen entstanden. Der Steckling, den wir in die Erde senken, bildet Wurzelknospen und aus ihnen Nebenwurzeln, welche dem Steckling Bodennahrung reichen. Die Brutknospe in der Achsel der Blätter der Lilie (Lilium bulbiferum) bewurzelt sich durch Bildung von Wurzelknospen. Die Wurzeln der jungen Pflanzen, welche auf dem Blatte von Bryophyllum und Asplenium bulbiferum entstehen, bilden sich aus Wurzelknospen an jungen Stammknospen.

Wie ein Nebenzweig, wenn der Haupttrieb verkümmert oder absichtlich genommen wird, den Dienst des fehlenden Haupttriebes versieht, so kann auch eine Neben- oder Seitenwurzel, wenn die Hauptwurzel unterdrückt wird, den Dienst der letzteren vertreten. Wenn das Leben der Wurzel nach einer Seite hin durch örtliche Hindernisse beschränkt wird, so entwickelt es sich in der Regel nach der anderen, nicht beschränkten, Seite um so üppiger. Die fortdauernde Bildung neuer Seitenwurzeln ist für das Leben des Baumes sehr wichtig.

Sobald eine Knospe in ihrer Anlage so weit gediehen ist,

daß ihr Vegetationspunkt frei oder von einer Wurzelhaube bedeckt erscheint, ändert sich die Natur der Knospe nicht weiter; eine Wurzelknospe muß sich, sobald sie als solche angelegt ist, auch ihrem Bau gemäß, als solche entwickeln, umgekehrt kann keine Stammknospe selbst, d. h. unmittelbar zur Wurzel werden.

Während sich die Stammknospe unserer Bäume, wie wir gesehen, zu einer bestimmten Zeit schließt, und gleichzeitig das Längenwachsthum des Stammtheils für eine bestimmte Lebensperiode aufhört, wächst die Wurzel durch ihre Spitze weiter. Die Wurzelknospe schließt sich nicht, ihr mangelt die Fähigkeit, Blattanlagen zu bilden. Das Längswachsthum der Wurzel scheint erst im Spätherbst, durch das Herabsinken der Temperatur beschränkt und zuletzt aufgehoben zu werden. Der Jahresring der Wurzel eines Baumes hat immer ungleich weniger Herbstholz als der Jahresring des Stammes.

Die Knospe entwickelt, vom Mutterstamm gelöst, unter günstigen Verhältnissen, eine für sich bestehende Pflanze, letztere ist mit allen Eigenthümlichkeiten der Mutterpflanze begabt. Knospen, welche sich von der Mutterpflanze lösen und zur neuen Pflanze heranwachsen, nennt man Brutknospen. Durch Uebertragen der Knospe einer edlen Obstart auf den Stamm einer minder guten Art veredelt man den letzteren. Der aus der eingesenkten Knospe oder aus dem Pfropfreis entstandene Zweig gleicht seiner Mutterpflanze, während die Zweige aus den Knospen des gepfropften Stammes selbst entstanden, alle Eigenthümlichkeiten der unveredelten Art besitzen. Auf dieser Erfahrung beruht das Oculiren, Pfropfen und Copuliren der Obstbäume*).

Durch Ableger vervielfältigt man Bastardpflanzen; aus dem Samen gezogen, schlagen selbige in der Regel auf die mütterliche oder väterliche Pflanze zurück. In der Knospe des Ablegers, desgleichen in der Brutknospe, ist eine Rinde, ein Verdickungsring und ein Mark enthalten, in ihr liegt schon die Anlage zu den

---

*) Vergl. Abschnitt IV. dieses Buches.

Geweben der Mutterpflanze, der Keim des Samens entwickelt sich dagegen aus einer einzigen Zelle; geringe auf seine Ernährung und Ausbildung einwirkende Einflüsse können hier möglicher Weise Veränderungen in der chemischen und physiologischen Beschaffenheit der sich bildenden Zellen und durch diese wiederum wesentliche Veränderungen im Leben der sich aus dem Keim entfaltenden Pflanze herbeiführen, während die Knospe als Theil eines einmal bestehenden Gewächses auch alle Eigenthümlichkeiten des letzteren behält.

Das Auge, die Knospe, der Kartoffel wird zum Ausläufer, es keimt, eine neue Pflanze geht aus ihm hervor. Die Knolle, aus welcher die Ausläufer hervorgehen, liefert denselben, bis die Pflänzchen hinreichend Blätter entwickelt haben, Kohlenstoffnahrung. Die Schale der Kartoffel entwickelt bei unverletzten Augen eben so gut Ausläufer, sie bringt auf günstigem Boden bisweilen eben so kräftige Pflänzchen als die unverletzte Setzkartoffel; die Mutterknolle versieht hier etwa den Dienst der Samenlappen oder des Sameneiweißes für den Keimling (vgl. S. 71).

Wenn sich irgend wo ein Stämmchen oder ein neuer Zweig entwickelt, so entsteht er jederzeit aus einer Stammknospe, wenn sich dagegen eine Wurzel bildet, so entwickelt sie sich jederzeit aus einer Wurzelknospe. Jeder Axentheil einer Pflanze, der mit einem freiliegenden Vegetationspunkt endigt, ist ein Stamm, jeder Axentheil einer Pflanze, der mit einer Wurzelhaube endigt, ist eine Wurzel; letztere kann niemals Blätter bilden.

Die Knolle der Orchideen besitzt am oberen Ende eine Stammknospe, am unteren Ende eine mehr oder minder deutliche Wurzelhaube; das untere Ende bildet niemals Blätter, aus der Stammknospe der kräftigen Knolle entwickelt sich der Blüthenschaft. In der Knolle der Orchideen sind demnach Stamm- und Wurzelknospe vereinigt, beide sind zur Bildung der Knolle thätig; ob die Wurzel- oder die Stammknospe zuerst entstand, ist oftmals schwierig nachzuweisen. Herminium Monorchis, ein zierliches Pflänzchen, zur Blüthezeit nur mit einer Knolle, aus welcher der Blüthenschaft

hervorgeht, versehen, bildet im Herbste am Grunde des letzteren neue Nebenwurzeln: eine oder mehrere derselben entwickeln dicht über ihrer Spitze eine Stammknospe. Das Ende der Nebenwurzel, jetzt nach unten mit einer Wurzelhaube, nach oben mit einer Stammknospe versehen, schwillt knollenartig an, während sich der übrige Theil in normaler Weise als Nebenwurzel verlängert. Die junge Knolle wird durch letztere 1 bis 1 ½ Zoll von der Mutterpflanze entfernt. — Die Zwiebeln der Liliaceen sind Stammknospen; sie entstehen in der Regel, so bei Lilium bulbiferum, in der Achsel der Blätter, ihre Schuppen entsprechen den Deckschuppen, unter dem Schutz derselben liegt auch hier der junge Trieb. Derartige Knospen trennen sich von der Mutterpflanze und bilden ein neues Pflänzchen. — Der sogenannte Stockausschlag der Bäume, eine Zweigbildung aus dem Stumpf gefällter Bäume, desgleichen der Wurzelausschlag, eine Zweigbildung aus der Wurzel, beruht auf der Bildung von Neben-Stammknospen; er ist nicht allen Bäumen eigen, die Nadelhölzer bilden nicht leicht einen Stock- und Wurzelausschlag; die Stöcke der Eiche und Birke entwickeln dagegen reichlich Stammknospen, sie eignen sich deshalb vorzugsweise zum Niederwaldbetrieb. Bei der Rüster (Ulmus) ist der Wurzelausschlag nicht selten, bei der Espe (Populus tremula) und bei der Hainbuche (Carpinus) ist er sogar sehr häufig. Die Pappel unserer Kunststraßen, desgleichen die Roßkastanie bringen da, wo ihnen Aeste genommen wurden, oftmals eine reiche Brut von Nebenknospen, aus denen, dicht gedrängt, Zweige hervorgehen; selbst die Tanne entwickelt an ähnlichen Stellen hier und da ein kümmerliches Zweiglein.

Die Stecklinge gewisser Bäume, der Weide, Pappel, so wie vieler Garten- und Zierpflanzen, schlagen Wurzeln; es bilden sich somit zunächst Wurzelknospen, die zu Nebenwurzeln werden. Die Nadelhölzer, welche, wie wir soeben gesehen, keinen Stock- und Wurzelausschlag bilden, lassen sich auch schwer durch Stecklinge fortpflanzen; sie müssen zunächst aus Samen gezogen werden.

Eine jede Pflanze hat ihre Eigenthümlichkeiten; worin diese begründet sind, wissen wir zur Zeit, weil wir uns allzuwenig mit ihnen beschäftigt haben, nur für wenig Fälle. Die Weide, geköpft, macht eine starke Krone, sie liefert durch letztere viel Buschholz. Die Erziehung des Bandholzes der Weide beruht auf demselben Gesetz. Die Kopfweide wird aus einem sechs bis acht Fuß langen, seiner Stammspitze beraubten, ziemlich starken Steckling erzogen, während das Bandholz der Böttiche aus einem schwachen, etwa vier bis sechs Zoll langen, ebenfalls seiner Stammspitze beraubten Weidensteckling hervorsproßt. In beiden Fällen bilden sich nahe der Spitze des Stecklings reichlich Stammknospen und aus letzteren Zweige. Die Zweige des Bandholzes entwickeln sich üppiger; hier ist kein großer Stamm, wie im ersten Fall, zu ernähren. Pflanzen, welche leicht Stammknospen bilden, scheinen eben so leicht Wurzelknospen zu entwickeln; wir sehen dies an den Weiden- und Pappelarten; das Gegentheil finden wir bei den Nadelhölzern. Die Tanne oder Fichte, ihres Haupttriebes beraubt, bildet nicht mehr Zweige, ein Seitentrieb, nahe der Spitze, richtet sich in der Regel nach aufwärts, er versieht von nun an die Stelle des genommenen Haupttriebes. Einige Farrenkräuter, z. B. Alsophila, bilden nach einer mündlichen Mittheilung des Herrn Obergärtner Reinecke, Adventiv-Stammknospen, während andere (Balantium) niemals solche Knospen entwickeln.

Die Stammknospe kann schon im ersten Jahre zur Entwicklung kommen, z. B. beim zweiten oder Augusttrieb des Baumes. In der Regel entwickelt sie sich erst im zweiten Jahre; der Trieb, im Herbst angelegt, entfaltet sich alsdann im Frühling des kommenden Jahres. Die Knospe kann aber auch jahrelang ruhen und dann, entweder gesetzmäßig oder unter günstigen Umständen, zur Entwickelung kommen. Ein kleines, auf Waldwiesen nicht seltenes Farrenkraut, die Mondraute (Botrychium lunaria), trägt im Gewebe ihres Stengels die Anlagen zur Pflanze des kommenden, des zweiten, so wie des dritten Jahres.

Sehr viele Stammknospen kommen nicht zur Ausbildung, weil es der Pflanze an Stoffen zu ihrer Ernährung mangelt. Der Keimling der Buche entwickelt nur, wenn seine Hauptknospe verkümmert, die in den Achseln seiner Samenlappen immer vorhandenen Seitenknospen. Nimmt man einer Pflanze ihren Haupttrieb, so entwickeln sich die Seitentriebe der Zweige üppiger; wir sehen dies bei der geköpften Weide; entfernen oder unterdrücken wir dagegen die Seitentriebe, so wächst der Haupttrieb üppiger; hierauf beruht die Zucht der Bäume im sogenannten eng geschlossenen Bestand. Die unteren Zweige, denen es an Licht, ja sogar an Platz sich auszubreiten, fehlt, sterben ab, der Stamm wächst mächtig in die Höhe, nur an seinem Gipfel Zweige, eine Krone, bildend. Die Buche des eng geschlossenen Bestandes ist ein ganz anderer Baum als die Buche im freien Wuchs. Die Wiese, im Sommer gemäht, grünt wieder aus, Knospen, schon vor dem Mähen vorhanden oder nach demselben entstanden, entwickeln neue Halme, es gedeiht ein neuer Graswuchs, welcher im Herbst der Sichel unterliegt. Wird die Wiese nicht gemäht, reifen die Samen der Grasblüthe, so vertrocknet der Halm, die Wiese grünt nicht oder nur spärlich von neuem. Roggen, als Grünfutter gesät, kann mehrmals abgemäht werden, er grünt dennoch von neuem; derselbe Roggen stirbt dagegen ab, sobald seine Halme den Samen gereift. Die Knospen, hier sowohl wie dort vorhanden, werden in dem ersten Falle ernährt und zum neuen Halm herangebildet, sie bleiben in dem zweiten Falle unentwickelt, die Pflanze verwendet alsdann ihre Kraft zunächst auf die Ausbildung des Samens.

Das Getreidekorn, dessen Keim, gleich allen Pflanzen, nur mit einer Stammknospe versehen ist, entwickelt in der Regel mehrere Halme, selbige entstehen aus den Achselknospen der ersten Blätter, sie sind von dem Halme der Hauptknospe später nicht zu unterscheiden. Dasselbe Getreidekorn bringt auch frühzeitig mehrere Wurzeln; bei einigen Arten ist nur eine (Lolium speciosum), bei anderen sind bereits mehrere (Secale, Triticum) im Keime selbst

angelegt. Zweig- und Wurzelbildung gehen, wie es scheint, mit einander Hand in Hand; wenn der Baum viel Zweige macht, treibt er auch reichlich Wurzeln. Das keimende Farrenkraut bildet in der Regel mit jedem neuen Wedel auch eine neue Wurzel.

Nur in verhältnißmäßig seltenen Fällen theilt sich der Vegetationspunkt einer Stammknospe oder einer Wurzelknospe, zwei oder mehrere neue Zweige oder Wurzeln bildend. — Eine Theilung des Vegetationspunktes der Stammknospe ist mir bei unseren Bäumen nirgends vorgekommen; sie ist von Hofmeister bei Selaginella, einer Lycopodiacee, von mir beim kriechenden, unterirdischen Stamm einiger Orchideen (Epipogum und Corallorhiza) nachgewiesen. Der Vegetationspunkt bildet hier in der Regel anfangs zwei kleine Erhebungen, welche immer mehr hervortreten und unter sich Blattanlagen bilden. Die Theilung der Wurzelspitze ist von mir an den Anschwellungen der Erlenwurzel, namentlich bei einjährigen Pflanzen, ferner an den höchst eigenthümlich geformten Luftwurzeln vieler Cycadeen, auch an der getheilten Knolle einiger Orchideen, mit Sicherheit beobachtet worden. Die Theilung beginnt natürlich unterhalb der Wurzelhaube; jede so entstandene neue Wurzelspitze zeigt alsbald einen bedeckten Vegetationspunkt.

In der Natur geht Alles nach Gesetz und Ordnung.

IV.

Der Stamm und die Zweige.

Auf Spaziergängen durch Wald und Flur sehen wir Bäume mancherlei Art. Kein Baum gleicht in seiner Tracht dem anderen. Die alte Tanne, mit mächtigem geraden Stamm himmelan strebend, unterscheidet sich von der mehr schlanken, ihr an Höhe wenig nachgebenden Fichte, durch breite, wagerecht abstehende Aeste und Zweige und durch eine kuppelförmige Krone. Die alte Fichte trägt ihre starken Aeste bogenförmig, schwache Zweige hängen von letzteren herab, die Krone bleibt bis ins höchste Alter kegel- oder pyramidenförmig. Die gemeine Pappel unserer Kunststraßen (Populus pyramidalis) richtet ihre Aeste und Zweige nach aufwärts; dieselben stehen in einem sehr spitzen Winkel um den Stamm, dessen Gipfelwachsthum lange fortdauert. Die Schwarzpappel (Populus nigra) hat eine mehr wagerechte Tracht der Aeste, sie macht deshalb einen durchaus anderen Eindruck. Die Eiche, Buche und Birke wird man schon aus der Ferne unterscheiden können. Das Verhältniß des Stammes, der Aeste und Zweige zu einander charakterisirt die Mehrzahl der Bäume.

Was ist ein Stamm, was ist ein Ast, was ist ein Zweig; entstehen nicht alle drei aus einer Stammknospe? Stamm, Ast und Zweig sind der Entwickelungsgeschichte und dem innern Baue nach, nicht wesentlich verschieden; alle drei entstehen aus einer Stammknospe, doch kann die Art dieser Stammknospe verschieden

sein. Der eigentliche oder ursprüngliche Hauptstamm entsteht immer aus der Stammknospe des Keimes (aus der Plumula). Im zweiten Abschnitt dieses Buches haben wir die Entwickelung des Stammes unserer Nadel- und Laubbäume aus dem Keim betrachtet. Ein Stamm kann aber auch, z. B. beim Stockausschlag der Eiche und anderer Bäume, aus einer Achsel- oder Nebenknospe entstehen, wenn selbige sich, freiwillig oder gezwungen, als Haupttrieb ausbildet. Der eigentliche Stamm eines Baumes bildet sich immer aus dem Haupttrieb, sein Längswachsthum ist entweder unbeschränkt, wenn seine Endknospe fortdauernd thätig bleibt, oder beschränkt, wenn seine Endknospe zu einer bestimmten Zeit langsamer wächst oder gar aufhört zu wachsen.

Aeste und Zweige unterscheiden sich nur durch ihr Alter und ihre Stärke von einander, der stärkste Ast ist vormals ein schwacher Zweig gewesen; beide sind aus einer Achselknospe, seltener aus einer Nebenknospe, entstanden, beide haben, wie der Stamm, entweder ein begrenztes oder unbegrenztes Wachsthum.

Jeder Stamm, Ast oder Zweig endigt, so lange er fortwächst, mit einem freien Vegetationspunkt, oder mit anderen Worten, er schließt mit einer Stammknospe; durch die letztere verlängert sich der Stamm, Ast oder Zweig. Das Dasein eines freien, d. h. von keiner Wurzelhaube bedeckten, Vegetationspunktes unterscheidet demnach jedes Stammorgan von einer Wurzel oder einem Blatte. Die Wurzel endigt ebenfalls mit einem Vegetationspunkt, derselbe liegt aber nicht frei, ihn bedeckt die Wurzelhaube; sie kann deshalb nicht, wie jegliches Stammorgan, Blätter bilden. Alle Stamm- und Wurzeltheile verlängern sich durch ihren Vegetationspunkt, in welchem die Zellenvermehrung fortdauert, wenn sie in den unteren Theilen bereits aufgehört hat. Stamm- und Wurzelorgane nennt man Axenorgane; man unterscheidet sie durch ihr Spitzenwachsthum vom Blatte, das, weil es keinen Vegetationspunkt besitzt, auch nicht an der Spitze wächst. Ich unterscheide noch zwischen Stamm- und Wurzelorgan; keine Wurzel kann Blätter bilden. Jeder Theil,

der Blätter trägt oder getragen hat (der Blattnarben besitzt) und der mit einem freien Vegetationspunkt endigt, er mag nun über oder unter der Erde befindlich sein, ist immer ein Stamm. Den unterirdischen Stamm hat man Wurzelstock (rhizoma) genannt. Jeder Pflanzentheil, der nirgends Blätter oder Blattnarben besitzt und der mit einem von einer Wurzelhaube bedeckten Vegetationspunkt endigt, ist dagegen eine Wurzel. Das Blatt endlich hat gar keinen Vegetationspunkt, es kann deshalb nicht an seiner Spitze fortwachsen; die Zellen seiner Spitze entstehen zuerst und sterben auch zuerst. Blätter, die mit einem Zahn oder mit einem Stachel endigen, z. B. Hakea suaveolens, sind hier sehr beweisend; der Stachel ist bereits abgestorben, wenn das Blatt sich kaum erhoben. Das Blatt wächst an verschiedenen Stellen seiner Fläche, in vielen Fällen allein von seinem Grunde aus; es entsteht nur unter dem Vegetationspunkt des Stammes; es ist somit ein Nebenorgan des letzteren. Der Theil eines Stammes zwischen zwei über einander stehenden Blättern wird Stengelglied (Internodium) genannt.

Die hier gegebene Definition von Stamm, Wurzel und Blatt wird auf alle Fälle, ohne Ausnahme, Anwendung finden. Wenn die Entwickelungsgeschichte der Blüthe bei der Bildung des Fruchtknotens nicht entscheidende Beweise für die Blatt- oder Stammnatur der letzteren liefert, ist es besser, sich vorläufig nicht allzu bestimmt für die eine oder andere Bildungsweise zu entscheiden.

Bei der Betrachtung des Keimes haben wir S. 21 gesehen, daß in der Axe des letzteren drei wesentliche Theile zu unterscheiden sind: 1. das Mark, in der Mitte der Axe gelegen; 2. der Verdickungsring, welcher gewissermaßen als Cylinder das Mark umgiebt; und endlich 3. die Rinde, welche wiederum den Verdickungsring umschließt; der letztere scheidet somit das Mark von der Rinde. Im jungen, für das kommende Jahr bestimmten Trieb der Stammknospe finden wir alle diese Theile wieder; auch in der Wurzelknospe vermissen wir dieselben nicht.

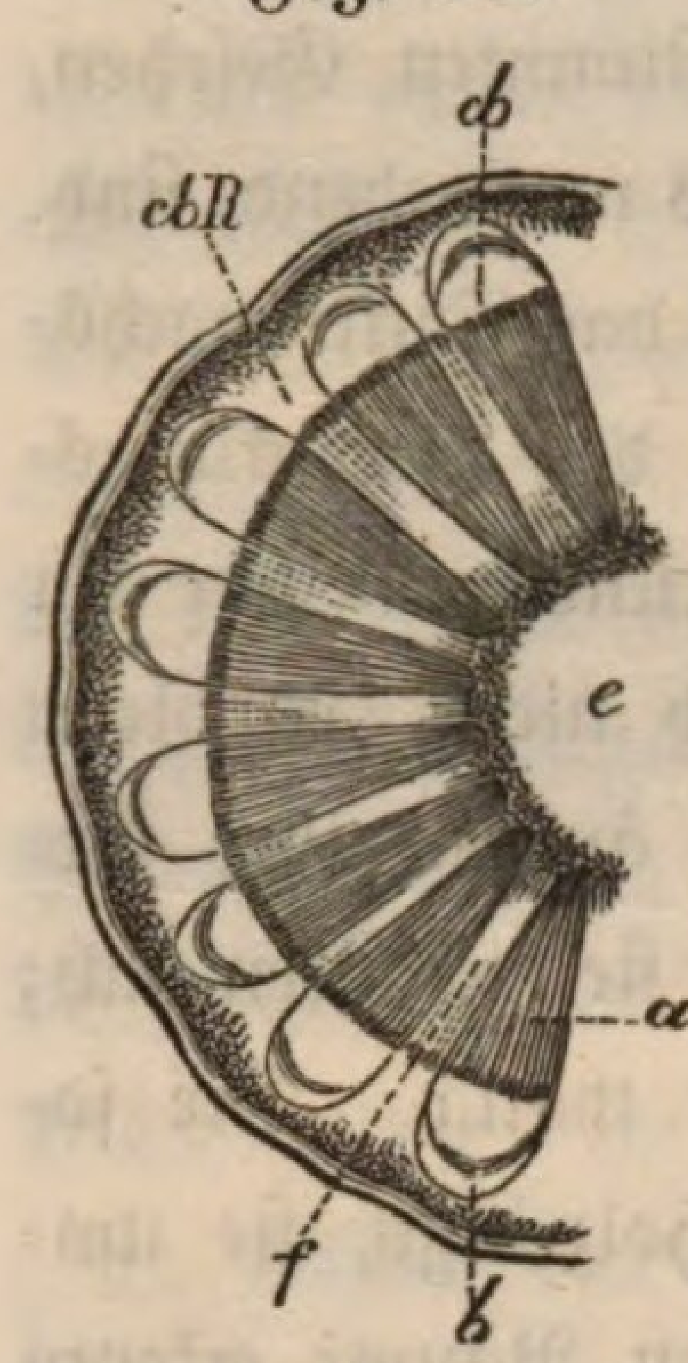
Durch den Verdickungsring verdickt sich der Stamm, in ihm

entstehen, wie wir bei der Keimung gesehen, die ersten Gefäßbündel, durch ihn wachsen dieselben und zwar nach bestimmten Gesetzen, welche für gewisse Abtheilungen des Gewächsreichs maßgebend sind. Wenn der Verdickungsring unthätig wird, hört auch das Dickenwachsthum des Stammes und der Wurzel auf. Durch den Verdickungsring entsteht und wächst der Holzring und die secundäre Rinde der dicotyledonen Pflanzen; das Mark vergrößert sich nicht, es bleibt wie es der Anlage nach war, nur seine Zellen ändern ihre Beschaffenheit, sie bleiben entweder zartwandig oder sie verdicken sich; sie sterben entweder ab oder bleiben längere Zeit thätig. Die sogenannte Markscheide ist der jüngste Theil des Holzrings, sie umschließt das Mark. In der Markscheide der meisten Bäume erkennt man sehr deutlich die ursprünglichen Gefäßbündel, welche zur Bildung des Holzringes im Verdickungsringe zusammentraten; diese Markscheide, in welcher Spiral- oder Ringgefäße, selbst wenn die später gebildeten Theile des Holzringes letztere nicht besitzen, niemals fehlen, macht jedes Wachsthum des Markes in die Breite unmöglich, daher zeigt das Mark verschiedener Zweige derselben Pflanze oftmals einen ganz verschiedenen Durchmesser.

Bei den Dicotyledonen verbleiben die Gefäßbündel im Verdickungsring, sie bilden sich durch ihn nach beiden Seiten, nach dem Mark und nach der Rinde, weiter. Nach der Seite des Markes entwickelt sich der Holztheil des Gefäßbündels, d. h. derjenige Theil, in welchem einzig und allein Holz- und Gefäßzellen vorkommen; nach der Seite der Rinde entsteht dagegen der Basttheil des Gefäßbündels, d. h. derjenige Theil, in welchem die Bastzellen auftreten. Das Cambium der Gefäßbündel, welche zur Bildung des Holzringes zusammentreten, liegt hier im Verdickungsring, es fällt mit ihm gewissermaßen zusammen. Nur bei wenigen Pflanzen, z. B. bei unserer Nessel, ferner bei Ripsalis Schwarziana, läßt sich das Cambium der Gefäßbündel von den Zellen des Verdickungsringes noch späterhin scharf unterscheiden.

Betrachten wir den Querschnitt eines jungen Zweiges von

Fig. 38.

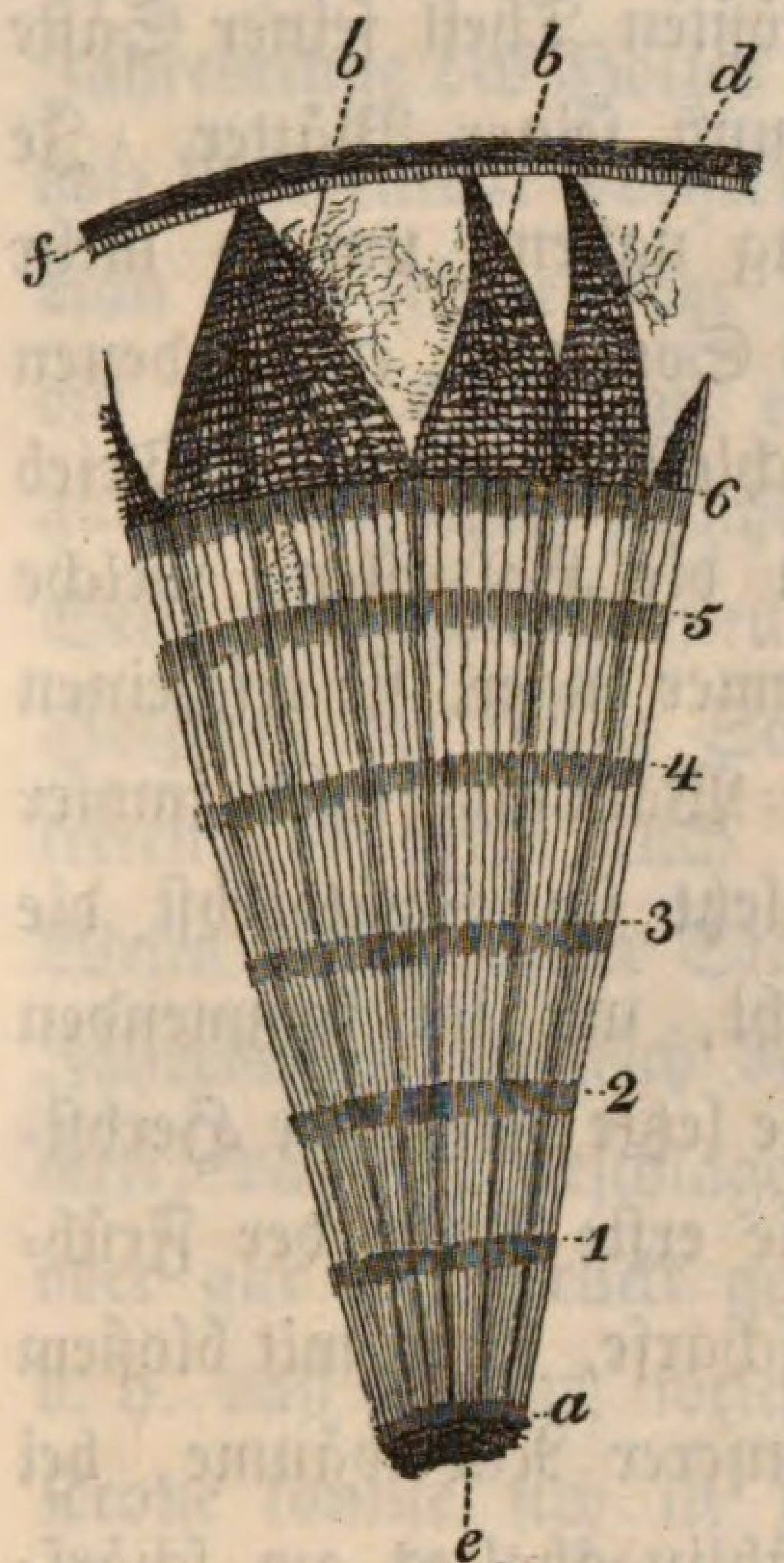


Cocculus laurifolius (Fig. 38), so sehen wir Gefäßbündel kreisförmig um das Mark (e) geordnet, der Holzkörper (a) derselben ist keilförmig, breite Markstrahlen (f) scheiden die einzelnen Gefäßbündel von einander. Jedes Gefäßbündel besitzt in der Rinde ein Bastlager (b) von halbmondförmiger Gestalt; das Gewebe zwischen diesem Bastlager und dem Holzkörper eines jeden Gefäßbündels ist das eigentliche Cambium (cb) des letzteren, das Gewebe dagegen, welches die Markstrahlen des Holzringes in die Rinde überführt (cbR), gehört dem Verdickungsring allein.

Durch den Verdickungsring verändert sich demnach auch die Rinde der Dicotyledonen, durch ihn wächst sowohl der Holzkörper als der Rindenkörper des Gefäßbündels. Wie sich der Holzring durch Bildung neuer Holzschichten verdickt, so verdickt sich gleichzeitig die Rinde durch neue Zellenschichten. Der Verdickungsring und das Cambium der Gefäßbündel, in letzterem gelegen, ist nach beiden Seiten hin immer von den jüngsten Zellenbildungen umgeben; der älteste Theil des Holzkörpers berührt das Mark, der älteste Theil des Rindenkörpers der Gefäßbündel berührt den ursprünglichen, nicht durch den Verdickungsring entstandenen Theil der Rinde. Ein Querschnitt durch einen mehrjährigen Lindenzweig erläutert dies Verhältniß (Fig. 39). Man unterscheidet hier namentlich in der Rinde an der keilförmigen Gestalt der Bastlagen (b) diejenigen Theile, welche demselben Gefäßbündel angehören; die Spitze des keilförmigen Bastkörpers berührt den ältesten Theil der Rinde. Mit dem Holzkörper desselben Gefäßbündels verhält es sich umgekehrt, sein jüngster Theil (a) berührt das Mark (e). Jedes

Fig. 38. Querschnitt eines jährigen Zweiges von Cocculus laurifolius. a Holzkörper des Gefäßbündels. b Bastlager desselben Gefäßbündels. cb Cambium des Gefäßbündels. cbR Verdickungsring. e Mark. f Markstrahl. (Vergrößerung 25mal.)

Fig. 39.



Gefäßbündel im Stamme wird demnach, indem er durch den Verdickungsring fortwächst, breiter. Anfänglich durch ursprüngliche (primäre) Markstrahlen getrennt, zeigen sich alsbald sowohl im Holzkörper als im Rindenkörper des Gefäßbündels später entstandene (secundäre) Markstrahlen; letztere werden gewissermaßen durch eine seitliche Theilung des Gefäßbündels erzeugt. Diese später gebildeten Markstrahlen erreichen nicht mehr das Mark; je weiter sie in den Holzring vordringen, um so älter, je näher sie dem Verdickungsring endigen, um so jünger sind dieselben. Für die Markstrahlen innerhalb des Rindetheils gilt dasselbe; diejenigen, welche vom Verdickungsring am tiefsten in die Rinde eindringen, sind älter als solche, welche näher dem Verdickungsringe endigen. Einige Bäume, z. B. die Eiche und die Buche, haben zweierlei Markstrahlen, breitere und engere.

Bei unseren Bäumen, deren Wachsthum durch den Winter unterbrochen wird, zeigt sich das periodische Fortwachsen des Holzringes durch bestimmte Grenzen, welche wir Jahresringe nennen. Diese Grenzen werden durch die verschiedene Weise der Ausbildung der Zellen des Holzkörpers hervorgerufen. Sobald im Frühling die Vegetation beginnt, erwacht auch die Thätigkeit des Verdickungsringes, es bilden sich nach innen neue Holz- und Gefäßzellen, nach außen neue Rindenzellen. Die im Frühling entstandenen Holzzellen

Fig. 39. Querschnitt eines sechsjährigen Lindenzweiges. a Markscheide. b Bastthеil der Gefäßbündel. d Nahrungsgewebe der Rinde. c Grenze zwischen Holz und Rinde (Gesammt = Cambium). e Mark. f Ursprüngliche (primäre) Rinde. 1 — 6 Zahlen der Jahresringe. (Vergrößerung 5mal.)

unserer Nadelhölzer sind weit und schwach verdickt (Taf. 6, Fig. 4a), der Baum verbraucht um diese Zeit den größten Theil seiner Säfte für die Ausbildung seiner neuen Triebe und seiner Blätter. Je mehr die letzteren ihrer völligen Ausbildung nahen, um so mehr verdicken sich die später, etwa im Anfang des Sommers, entstandenen Holzzellen; wenn sich die Knospe ganz geschlossen, wenn der Trieb des Jahres ganz entwickelt ist, so werden die Holzzellen, welche der Verdickungsring von nun an bildet, immer enger, sie erscheinen jetzt auf dem Querschnitt tafelförmig, ihre Wandung wird immer stärker verdickt (Taf. 6, Fig. 4b), bis zuletzt im Spätherbst die Vegetation, wie es scheint, gänzlich erlischt, um im kommenden Frühjahr von neuem zu beginnen. Auf die letzte Reihe der Herbstzellen eines Jahres folgt deshalb immer die erste Reihe der Frühlingszellen des folgenden Jahres; daher die scharfe, schon mit bloßem Auge erkennbare Grenze des Jahrringes unserer Nadelbäume, bei welchen der Gegensatz des Herbst- und Frühlingsholzes am schärfsten ausgeprägt ist. Die Herbstzellen der meisten Bäume erscheinen mit bloßen Augen, ihrer verdickten Wände halber, dunkler gefärbt, während die Frühlingszellen, weiter und lufterfüllt, eine weißere Färbung gewinnen. Bei einigen Laubhölzern sind die Grenzen des Jahrringes weniger scharf markirt. Das Vorkommen der Gefäße zwischen den Holzzellen ändert hier mancherlei; unter dem Mikroskop sieht man die Grenze der Jahresringe dennoch fast in allen Fällen (Taf. 6, Fig. 1).

Aus den Jahresringen erkennt man das Alter eines Baumes, einer Wurzel oder eines Zweiges; aus dem Jahresring erfährt man außerdem die Lebensgeschichte eines Baumes, man sieht, ob derselbe in einem Jahre mehr als in dem anderen gewachsen ist, man erkennt, ob das Wachsthum in dem einen Jahr mehr an der einen oder an der anderen Seite stattgefunden und kann aus dieser Eigenschaft des Holzringes auf bestimmte Verhältnisse des Baumes, welche sie herbeiführen mußten, schließen. — Bäume, welche freistehen, entwickeln in der Regel starke Aeste und Zweige, das Höhen-

wachsthum wird beschränkt, der Stamm verdickt sich stärker. Die Jahresringe des Holzes sind in diesem Falle breiter, das Frühlingsholz ist scheinbar vorherrschend, es überwiegt das Herbstholz. Stellt man eine Fichte oder Tanne von der einen Seite frei, während die andere Seite im eng geschlossenen Bestande bleibt, d. h. von anderen Bäumen gleicher Höhe dicht umgeben ist, so wird die freie Seite vorzugsweise neue Zweige bilden, in Folge dessen wird der Holzring der freien Seite breiter als nach der anderen Seite auftreten; es wird auch hier scheinbar mehr Frühlingsholz gebildet. Wenn ein gefällter Stamm plötzlich nach einer Anzahl sehr schmaler Jahresringe ungleich breitere Holzlagen zeigt, so darf man annehmen, daß der geschlagene Baum, welcher anfangs eng geschlossen oder gar unterdrückt gestanden, plötzlich ringsum lichtgestellt ward, d. h. daß Bäume, welche ihn beschatteten, geschlagen wurden. Die Krone konnte sich in diesem Falle mehr ausbreiten, es konnte in Folge dessen mehr Holz gebildet werden. Sind die Jahresringe eines gefällten Stammes an der einen Seite breiter als an der anderen, so darf man für die Seite der breiteren Holzlagen in der Regel einen lichteren Stand annehmen. Bäume, welche am Abhange eines Berges stehen, entwickeln nach der freien Seite hin mehr Zweige und deshalb gleichfalls stärkere Holzlagen.

Das Holz der breiten Jahresringe ist, weil es mehr Frühlingsholz enthält, natürlich leichter als das Holz der schmalen Jahresringe, obschon das Verhältniß des Frühlingsholzes zum Herbstholz eines Jahresringes so ziemlich dasselbe bleibt. Wo es darauf ankommt, ein recht festes Holz zu erziehen, beschränkt man deshalb das Wachsthum der Jahresringe; man erreicht dies durch den Betrieb des geschlossenen Bestandes; die Masse des Holzes gewinnt hierbei in der Breite keineswegs, wohl aber die Härte und somit der Werth des letzteren. Dieselbe Baumart liefert nach der Art, wie sie gezogen wird, ein in Bezug auf Festigkeit und Brennkraft durchaus verschiedenes Holz. Der Stamm selbst wächst nach der Art seiner Kultur mehr oder weniger in die Länge. Im Freien breitet

er seine Aeste und Zweige aus, der Haupttrieb bleibt mehr oder weniger zurück, der Stamm und die Zweige verdicken sich stark, das Holz selbst wird ästig und weich, es ist als Bau- und als Brennmaterial weniger tauglich. Im geschlossenen Bestand wird die Ast- und Zweigbildung beschränkt, das Längenwachsthum des Haupttriebes dagegen befördert, Stamm und Zweige verdicken sich nicht so stark, der Stamm wird ungleich höher; das Holz, weniger ästig, wird ungleich fester; es ist als Bau- und Brennmaterial vorzüglicher.

Die Kiefer im geschlossenen Bestand ist scheinbar ein ganz anderer Baum als die Kiefer im freien Wuchs, das Holz der letzteren ist ungleich leichter und steht deshalb im Preise niedriger. Die Buche, bei freiem Wuchs ihre Aeste weit ausbreitend, bildet im eng geschlossenen Bestand einen schlanken säulenartigen Stamm, der eine dicht belaubte Krone trägt. Ein solcher Bestand gleicht bisweilen gothischen Hallen.

Je enger die Jahresringe, um so fester ist in der Regel das Holz, die Jahresringe des Eibenbaums (Taxus) sind außerordentlich schmal, das Holz ist ungeheuer fest. Die Jahresringe im hohen Norden oder auf hohen Bergen gewachsener Nadelbäume sind ebenfalls sehr schmal, ihr Holz ist seiner Härte halber sehr gesucht. Ein hundertjähriger Stamm des Knieholzes (Pinus Pumilio) hat in einem solchen Falle kaum einen Durchmesser von vier bis fünf Zoll. Die Bäume solcher Standorte sind in der Regel krüppelig, starke Stämme sind selten und wenn sie vorkommen, von sehr hohem Alter. Die Kiefer im Moorgrund wachsend, schießt in den ersten Jahren stark empor, sie macht sehr breite Jahresringe, deren Holz sehr leicht ist. Die Art des Forstbetriebes, das Klima, der Standort und die Bodenverhältnisse sind demnach für das Leben des Baumes überhaupt und somit auch für die Bildung des Holzes von großem Einfluß.

Bäume, deren Endknospen sich erst spät schließen, machen in der Regel einen breiten Jahresring; der Stamm der Birke und

Erle verdickt sich schneller als der Stamm der Eiche und Buche, ihr Holz ist bekanntlich ungleich leichter, die Herbstzellen, erst nach dem Schließen der Endknospe gebildet, sind hier ungleich schwächer vertreten. Für den wilden Trieb der Obstbäume gilt dasselbe; das Holz eines solchen Triebes, dessen Endknospen sich später als die Knospe des fruchttragenden Zweiges schließt, ist ungleich leichter, es besteht zum größten Theil aus Frühlingszellen. Das Holz der Wurzel unserer Bäume ist, soweit ich beobachtet, in allen Fällen leichter als das Holz des Stammes, die Frühlingszellen sind vorherrschend; letztere sind in der Wurzel der Tanne und Lerche doppelt so weit als im Stamm und deshalb mit zwei und drei Tüpfelreihen versehen, während die Holzzelle des Stammes und der Zweige nur eine Tüpfelreihe besitzen.

In den Glashütten sowohl als Hämmer- und Schmelzwerken des Thüringer Waldes verbraucht man zunächst das sogenannte Stockholz, d. h. Wurzelholz, weil ersteres ungleich billiger ist und seiner lockeren Beschaffenheit halber, ein rasches Flammfeuer liefert, daher zum Theil der irrige Glaube der größeren Hitzkraft des Wurzelholzes. Das Wurzelholz enthält, obschon es oft sehr harzreich ist, weniger Brennstoff als das Holz des Stammes, es entwickelt eine plötzlichere Hitze und deshalb augenblicklich einen höheren Hitzgrad.

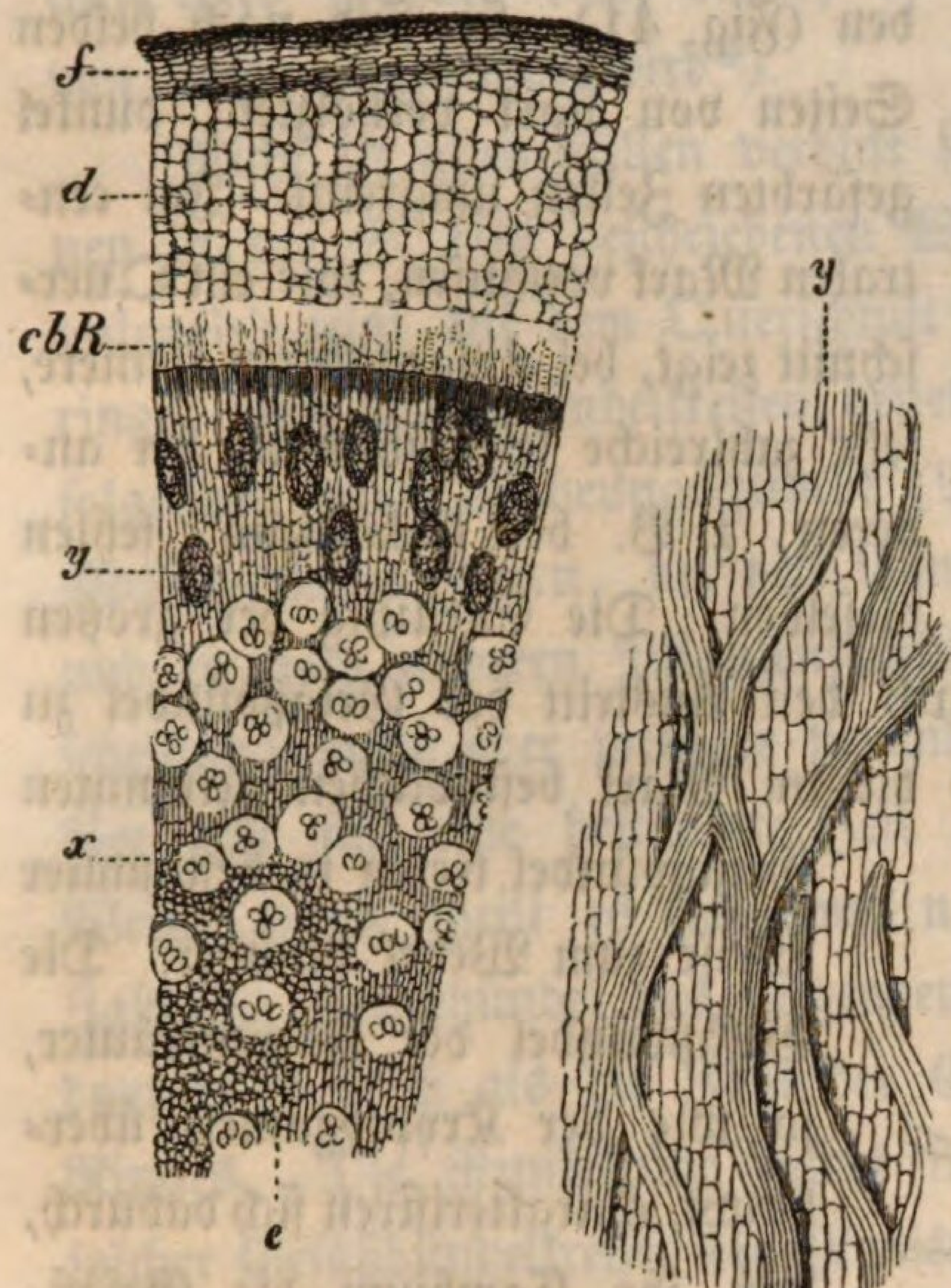
Das jüngere Holz, dessen Markstrahlen noch Saft führen, nennt man Splint, das ältere bereits trockene Holz wird Kernholz genannt. Der Splint eines im Frühjahr gefällten Stammes ist feucht, er ist anders gefärbt als das Kernholz, welches in der Regel ungleich fester und deshalb werthvoller ist.

Im Keim wie in der Knospe scheidet, wie wir gesehen, der Verdickungsring das Mark von der Rinde. Das Mark wächst nicht durch den Verdickungsring, auch der ursprüngliche Rindentheil wächst nicht durch ihn; die Rindentheile, welche der Verdickungsring in der vorhin beschriebenen Weise nachbildet, sind durchaus anderer Art. In der ursprünglichen (primären) Rinde liegen niemals Bastzellen, sie ist nach außen durch eine wahre Oberhaut

begrenzt; in ihr entwickeln sich die Harzgänge der meisten Nadelbäume, welche vom Verdickungsring nicht nachgebildet werden Diese ursprüngliche (primäre) Rinde bleibt entweder längere Zeit thätig oder sie stirbt früh ab; im ersten Falle findet in ihr eine Zellenvermehrung statt, im zweiten Falle wird sie durch Korkbildung in bestimmter Weise abgeworfen. Die Oberhaut der Rinde stirbt in der Regel schon im ersten Jahre ab, indem sich unter ihr Korkschichten entwickeln. Die Linde, Buche und Tanne behalten ihre primäre Rinde lange Zeit; die Kiefer, sowie alle Bäume, deren Rinde abschuppt, verliert sie früher, mit ihr gehen die Theile verloren, welche ihr eigenthümlich sind. Die glatte Oberfläche des Buchen- und Tannenstammes, das Abblättern des Birkenstammes, das Abschuppen des Kiefer- und Lerchenstammes, die rissige Beschaffenheit des Eichenstammes beruhen allein auf dem verschiedenen Leben der Rinde. Das Leben der letzteren ist wieder eine Folge des Vorkommens oder Fehlens bestimmter Zellenarten und der Weise ihres Zusammenwirkens. — Ueber den Bau des Holzes sowohl als wie der Rinde werde ich im siebenten Abschnitt ausführlicher reden.

Die Palmen und der Drachenbaum, desgleichen alle monocotylebonen Pflanzen, verdicken ihren Stamm in etwas anderer Weise als unsere dicotylebonen Bäume. Auch bei ihnen ist ein Verdickungsring, durch welchen der Stamm in die Breite wächst, vorhanden, derselbe bleibt aber nicht immer für das ganze Leben der Pflanze thätig; es giebt Palmen, die nur bis zu einem gewissen Alter ihren Stamm verdicken. Aus dem Keimlager des Keimes bildet sich bei der Palme und dem Drachenbaum der Verdickungsring, mit ihm entstehen die ersten Gefäßbündel, letztere bleiben aber nicht im Verdickungsring, ihr Cambium fällt nicht mit den Zellen desselben zusammen, sie bilden sich deshalb nicht wie bei den Dicotylebonen gewissermaßen aus ihrer Mitte weiter, verzweigen sich vielmehr sowohl nach beiden Seiten hin als nach der Rinde zu. Der Querschnitt solcher Stämme (Fig. 40) zeigt des-

Fig. 40.

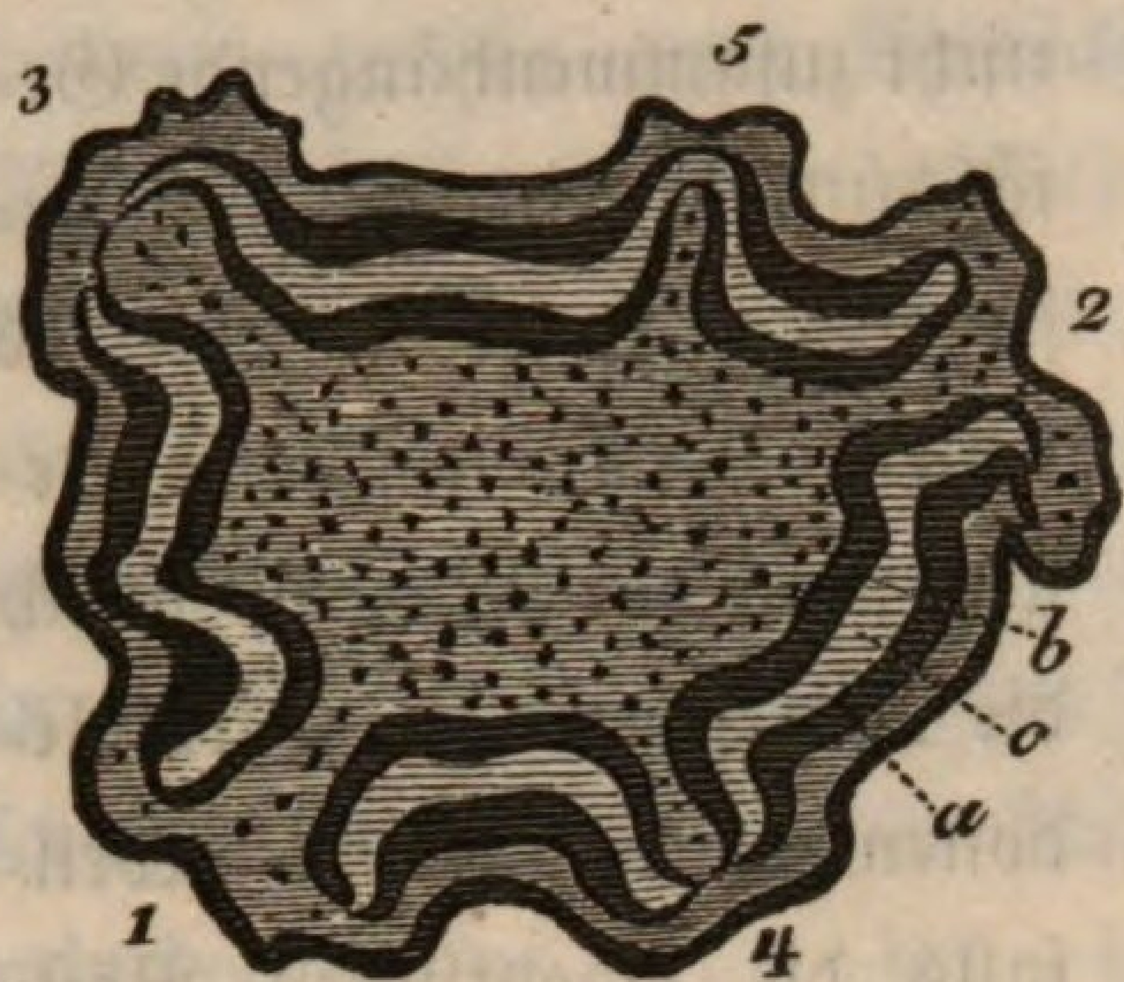


halb scheinbar zerstreute, d. h. nicht zusammenhängende Gefäßbündel; ein wirklich geschlossener Holzring fehlt, es fehlt deshalb die scharfe Begrenzung des Markes, durch die Markscheide der Dicotyledonen gebildet, es fehlen ebenfalls die eigentlichen Bastschichten in der durch den Verdickungsring entstandenen (secundären) Rinde. Jedes Gefäßbündel zeigt auf dem Querschnitt alle seine Elemente vereinigt, in der Mitte liegt das Cambium, Gefäße, desgleichen Holz- und Bastzellen umgeben dasselbe; ein solches Gefäßbündel wächst niemals in die Breite. — Durch den Verdickungsring dauert die Zertheilung der Gefäßbündel fort, der Stamm verdickt sich sowohl nach dem Mark als nach der Rinde zu. Den nach dem Mark gekehrten Theil kann man, da dessen Parenchymzellen in der Regel stärker verholzen, als Holz bezeichnen. In der Rinde einiger Palmen verlaufen Gefäßbündelzweige, welche nur bastartige Zellen entwickelt haben.

Bei den baumartigen Farrenkräutern scheint der Verdickungsring sehr bald unthätig zu werden; der Stamm verdickt sich, wie es scheint, nur kurze Zeit. Die Gefäßbündel sind hier als große

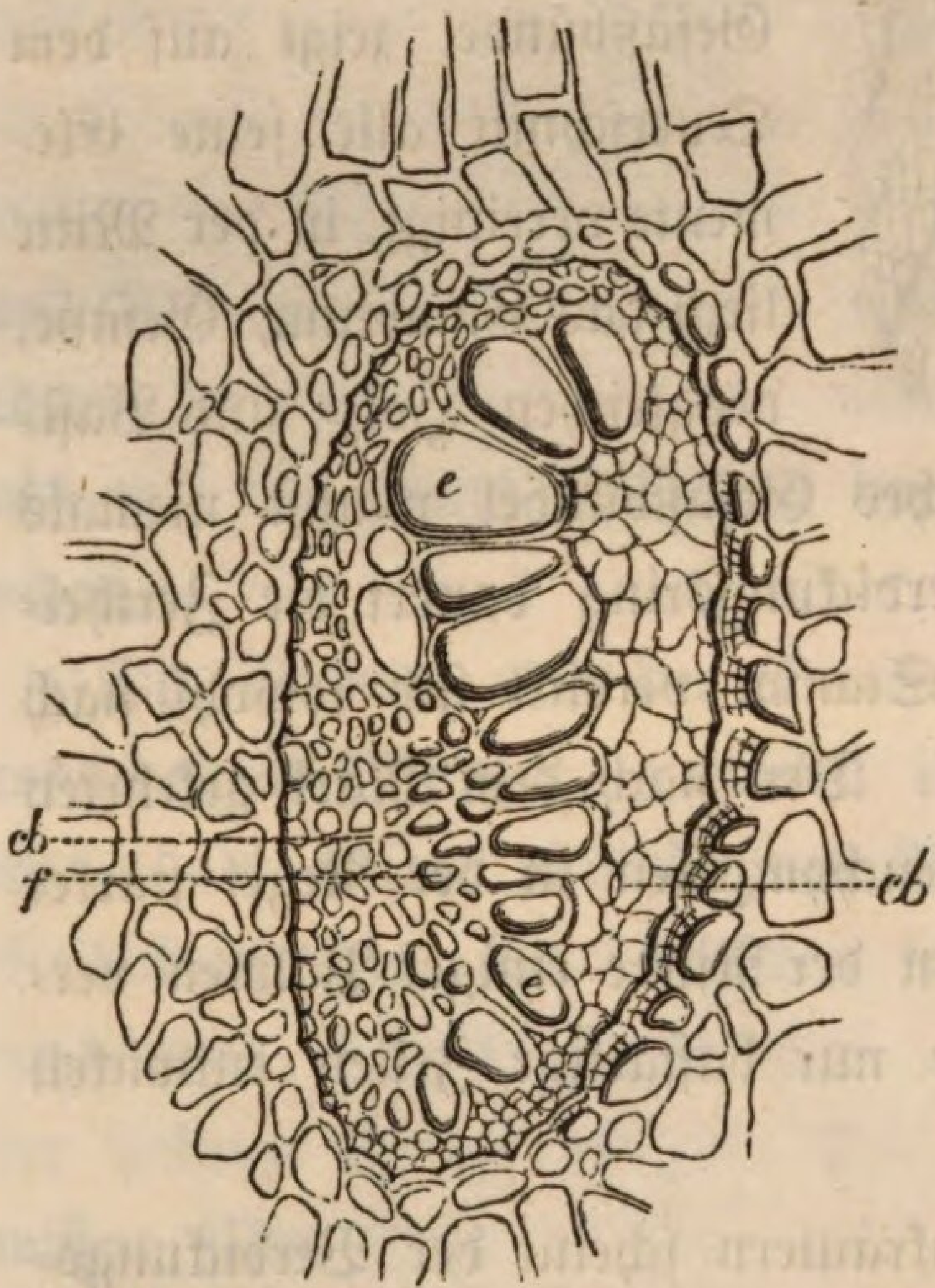
Fig. 40. Querschnitt und tangentialer Längsschnitt eines Drachenbaumzweiges (Dracaena reflexa). e Der innerste Theil des Zweiges. x Der Theil des Holzes, entstanden während sich der Stamm verlängerte. y Das später entstandene Holz. cbR Der Verdickungsring. d Das Nahrungsgewebe der Rinde. f. Korkschicht der letzteren. Der Längsschnitt zeigt die Theilung und Wiedervereinigung der Gefäßbündel. (Vergröß. 20mal.)

Fig. 41.



Gruppen im Verdickungsring entstanden (Fig. 41), sie sind nach beiden Seiten von stark verholzten, dunkel gefärbten Zellen umgrenzt. Im centralen Mark verlaufen, wie ein Querschnitt zeigt, bei einigen Arten kleinere, sehr zahlreiche Gefäßbündel, bei anderen, z. B. bei Balantium, fehlen dieselben. Die Stellung der großen Gefäßbündelgruppen wird durch den Austritt der Gefäßbündel zu den Wedeln veranlaßt. Auch die im Mark befindlichen getrennten

Fig. 42.



Gefäßbündel treten in bestimmter Weise zum Wedel hinüber. Die Gefäßbündel der Farrenkräuter, so wie der Kryptogamen überhaupt, charakterisiren sich dadurch, daß ihr Cambium die Gefäßzellen umgiebt (Fig. 42). Während die Farrenkräuter, wie es scheint, ihren Stamm nicht verdicken, giebt es andere Kryptogamen, z. B. das Brachsenkraut unserer Landseen (Isoëtes lacustris), welches einen sehr thätigen Verdickungsring besitzt; der letztere bildet nur Rinde, die alten

Fig. 41. Querschnitt eines tropischen Farrenstammes. a u. b Schichten verholzter, sehr fester Zellen, welche das Gefäßbündel (c) umgeben. 1 bis 5 die Kissen oder Grundtheile der bereits abgeworfenen Wedel. 1 der höchste, jüngste Wedel, 5 der tiefste, älteste Wedel des gezeichneten Querschnitts. (Natürliche Größe.)

Fig. 42. Querschnitt durch ein Gefäßbündel des Wedels vom Adlerfarren (Pteris aquilina). cb Cambiumzellen. e Weite Treppengefäße. f Enge, spiralförmig verdickte Gefäße. (Vergrößerung 150 mal.)

Rindentheile dieser Pflanze sterben von außen her ab, das Stämmchen wird deshalb nicht dicker, es verliert von außen, was ihm von innen zugebracht wird*).

Nicht in allen Fällen verdickt sich der Stamm der Dicotyledonen in der S. 109 beschriebenen Weise. Unsere Runkelrübe (Beta vulgaris) zeigt auf dem Querschnitt ihrer Wurzel scheinbar Jahresringe, aus Gefäßbündelkreisen bestehend; jeder Kreis ist von dem folgenden durch Nahrungsgewebe (Parenchym) getrennt. Bei den Menispermum-Arten, bei den Convolvulaceen, bei den Cycadeen und in noch anderen Pflanzenfamilien wiederholt sich dieselbe Erscheinung mehr oder weniger verändert. Das Gefäßbündel wächst hier nur für eine bestimmte Zeit in der normalen dicotyledonen Weise, dann theilt es sich etwa nach monocotyledoner Art. Die Zahl der Gefäßbündel des folgenden Kreises ist in der Regel etwa doppelt so groß als die Zahl der Gefäßbündel des vorhergehenden Ringes. Die Runkelrübe bildet in einem Sommer eine Menge solcher Gefäßbündelkreise, die Menispermum-Arten, desgleichen Cycas bedürfen dagegen zur Bildung jedes Gefäßbündelringes mehrere Jahre**). — Der Stamm oder Stengel der Wasserpflanzen, noch sehr mangelhaft untersucht, scheint mancherlei Abweichendes darzubieten; der Wurzelstock der Seerose (Nymphaea) besitzt, den Monocotyledonen entsprechend, sogenannte zerstreute Gefäßbündel.

Die Gestalt des Stammumkreises ist entweder von der Art seines Entstehens aus der Knospe oder von der Weise, in welcher sich derselbe fortbildet, abhängig. Es giebt walzenförmige, kantige, geflügelte, ja sogar flächenartige Stämme oder Stammtheile. Die Cactus- und tropischen Euphorbia-Arten können fast alle Formen des Stammes repräsentiren. Die Mehrzahl unserer Bäume hat walzenförmige Stämme und Zweige. Eine ungleichseitige Ausbildung des Holzringes, deren Ursachen ich S. 112 gedachte, ändert hier

*) Vergl. meine Pflanzenzelle S. 249.

**) A. a. O. S. 283.

mehr oder weniger an der regelmäßigen Gestalt. Viele tropische Bäume besitzen kantige Stämme (Cassia quinque angulata nach H. Crügers Untersuchungen*), der Stengel unserer Brennnessel ist kantig, der Stengel vieler Lippenblüthen (Labiaten) ist kantig und geflügelt. Das merkwürdigste Beispiel eines flächenartigen Stammes bietet Heretiera Fomes, ein tropischer Baum, dessen Stamm, anfänglich walzenförmig, sich später nur nach zwei entgegengesetzten Seiten verdickt, und somit gewissermaßen eine von einer schmalen Rinde begrenzte natürliche Dicke bildet. Ich untersuchte einen Stamm dieser Pflanze, der nach der einen Richtung etwa 1 ½ Fuß, nach der anderen dagegen nur 4 Zoll breit war. Plattgedrückte, der Klinge eines Säbels entsprechende Zweige entwickeln einige Bäume bisweilen krankhafter Weise. Bei der Weide, auch bei der Kiefer, sah ich solche Mißbildungen, welche bei der Myrthe unserer Gewächshäuser gar nicht selten sind; der hahnenkammartige Blüthenstand der Celosia (einer Amaranthus-Art) ist eine solche, durch Cultur veranlaßte Mißbildung des Blüthenstengels. Flächenartige Stengel finden wir endlich, in normaler Weise, bei den Ruscus-Arten, sowie bei einigen Euphorbien und Cacteen.

Die sogenannten Phyllodien von Ruscus entstehen in der Achsel wahrer Blätter, nach der Weise ächter Stammknospen. Die junge Knospe hat einen Vegetationspunkt, sie bildet, kaum angelegt, ein Blatt, in dessen Achsel, ebenfalls sehr früh, die Knospe des Blüthenstandes entsteht. Die Anlage des flächenartigen Zweiges ist um diese Zeit kaum flächenartig zu nennen, der Theil, welcher das Blatt und die Knospe des Blüthenstandes bildete, hat einen Verdickungsring, in welchem Gefäßbündel, kreisförmig geordnet, liegen. Nachdem sich das Blatt und die Knospe gebildet, stirbt der Vegetationspunkt des Phyllodiums ab, die Spitze desselben verlängert sich, wie es scheint, zunächst durch das Wachsthum seiner Zellen, die Seiten des Zweiges entwickeln sich flächenartig. Der

*) Botanische Zeitung 1851, Taf. VII, Fig. 20 bis 22.

Zweig (das Phyllodium) gewinnt nun Blattgestalt. Die Oberhaut beider Seiten ist gleichartig entwickelt, an beiden Seiten finden sich Spaltöffnungen, während die Oberhaut der wirklichen Blätter von Ruscus nur an der Unterseite Spaltöffnungen besitzt. Die Endzweige (Phyllodien) eines Astes entstehen direct aus dem Vegetationspunkt des letzteren, der sich häufig theilt, weshalb dieselben oftmals als zwei oder drei verwachsene Phyllodien erscheinen, ihnen fehlt das bald vertrocknende wirkliche Blatt, in dessen Achsel die übrigen Phyllodien entstanden. Die Blüthen entwickeln sich bei der einen Art an der Ober-, bei der anderen an der Unterseite des Phyllodiums. — Ruscus besitzt demnach zweierlei Stammarten. Der walzenförmige Stamm, dessen Vegetationspunkt längere Zeit thätig bleibt, bildet Blätter, in deren Achseln Stammknospen entstehen, welche entweder einen walzenförmigen oder einen flächenartigen Zweig ausbilden. Die erste Art der Zweige bildet gleichfalls Blätter, in deren Achseln Phyllodien entstehen; die andere Art der Zweige wird selbst zum Phyllodium; das letztere entwickelt nur ein Blatt, in dessen Achsel die Anlage zur Blüthe entsteht. Da die Endknospe des cylindrischen Zweiges von Ruscus zum Phyllodium wird, so kann der Zweig alsbald nicht weiter wachsen, neue Schößlinge des Wurzelstocks treten, wie beim Spargel, im nächsten Jahre aus der Erde.

Ripsalis Olfersiana, eine Cactusart mit flächenartigem Stamm, trägt ihre gelblich weißen Blüthen in den Kerben des letzteren, vertrocknete Schüppchen in diesen Kerben sind die Ueberbleibsel kümmerlich entwickelter Blätter. Ein starker Mittelnerv, von welchem Seitennerven zu den erwähnten Kerben verlaufen, durchzieht den flächenartigen Stengel. Der Mittelnerv zeigt auf dem Querschnitt einen schön entwickelten Verdickungsring, dessen Gefäßbündel, in normal dicotyledoner Weise, als Holzring angeordnet sind. Der Holztheil des Gefäßbündels wächst in der bekannten Weise, der nach der Rinde gelegene Theil des letzteren hat eine sehr mächtige Bastgruppe entwickelt. Die Seitennerven zeigen eine ähnliche An-

ordnung wie der Hauptnerv; die Gefäßbündel verlieren sich, sowohl am Ende des flächenartigen Stengels als an den Kerben desselben, in ein fortbildungsfähiges Gewebe. Bei jungen Stengeln trägt sowohl das Ende als die Kerben einen Vegetationspunkt, der aber häufig abstirbt, alsdann bilden sich an dieser Stelle Neben-Stammknospen. Das Ende eines älteren Stengels treibt deshalb sowohl einen als auch zwei und drei junge Stengel; aus den Kerben des Randes erheben sich deshalb sowohl einzelne Blüthen als auch mehrere Blumen neben einander. Der flächenartige Stengel von Ripsalis ist gewissermaßen ein Ast mit Seitenzweigen, durch ein flächenartig ausgebreitetes Rindengewebe verbunden. Die Oberhaut beider Seiten ist gleich entwickelt, beide Seiten besitzen Spaltöffnungen. — Genaue Untersuchungen anderer flächenartiger Stämme werden wahrscheinlich nicht minder interessante Resultate liefern.

Nachdem wir das Dickenwachsthum und die Gestalt des Stammumkreises und des Zweiges betrachtet, wenden wir uns jetzt dem Höhenwachsthum zu. Stamm und Zweige verlängern sich durch ihre Endknospe. Wenn die letztere fortwährend thätig ist, so wachsen Stamm und Zweige fortwährend, wie dies für gewisse tropische Pflanzen mehr oder weniger zu gelten scheint. In unserer Zone wird sowohl das Höhenwachsthum des Stammes als auch das Wachsthum im Umkreis durch klimatische Verhältnisse periodisch beschränkt oder gänzlich aufgehoben. Die Endknospe unserer Bäume schließt sich, d. h. sie bildet die unter ihrem Vegetationspunkt angelegten Blätter nicht mehr in normaler Weise aus, selbige werden zu Deckschuppen, die Stengelglieder zwischen denselben verlängern sich nicht mehr, die Deckschuppenkreise liegen dicht über einander. — Der Trieb des Jahres verlängert sich nur so lange, als seine Knospe ungeschlossen ist; sobald seine Blätter ausgebildet sind, sobald seine Endknospe sich geschlossen, hört auch sein Längenwachsthum auf, es bilden sich jetzt die stärker verdickten Zellen des Holzringes, welche, wie es scheint, sich nicht mehr oder nur sehr wenig verlängern können. Die älteren Theile des Stammes oder Zweiges

verlängern sich deshalb nicht mehr; das Längenwachsthum eines Stammes oder Zweiges ist einzig und allein auf die Thätigkeit seiner Endknospe verwiesen. Die junge Tanne macht im ersten Lebensjahr einen kaum eine Linie langen Trieb, der Schuß des zweiten Jahres ist schon etwas länger (bis einen Zoll), der Schuß des dritten Jahres wird etwa doppelt so lang; von nun an entstehen Seitentriebe, deren Länge jährlich zunimmt, während das Längenwachsthum des Haupttriebes etwa bis zu zehn oder zwölf Jahren unterdrückt bleibt. Das Bäumchen, zwei bis drei Fuß hoch, macht jetzt mit einem Mal einen fußlangen Haupttrieb; der Stamm erhebt sich durch ihn allmälig zu einer bedeutenden Höhe. Die Fichte verhält sich ähnlich, auch sie wächst erst nach zehn bis zwölf Jahren kräftig in die Höhe. Das Alter eines jungen Stammes oder eines Zweiges erfährt man bei den Nadelbäumen durch die stehengebliebenen Knospenschuppen, bei den Laubbäumen, zwar weniger deutlich, durch die verkürzten Stengelglieder, welche die Deckschuppen der geschlossenen Knospe trugen.

Wenn ein Baum viel Zweige bildet und diese Zweige kräftig wachsen, so bleibt das Höhenwachsthum des Hauptstammes in der Regel zurück, die junge Tanne und Fichte wächst, wie wir soeben gesehen, etwa bis zum zwölften Jahre wenig in die Höhe, die Kraft des Baumes wird zunächst der Zweigbildung zugewandt, später bleibt die Zweigbildung zurück, der Stamm schießt kräftig in die Höhe. Die Palmen, welche keine Zweige bilden, streben zum Theil Säulen gleich, himmelan. Unsere Waldbäume wachsen im dichten Bestand gerade in die Höhe, ihr Haupttrieb entwickelt sich, da ihre Seitentriebe sich nicht ausbilden können, üppiger als im freien Stande. Ein Baum, der seinen Haupttrieb verloren hat und der keinen Zweig zum neuen Haupttrieb ausbildet, wächst nicht mehr in die Höhe; unsere Kopfweiden sind das beste Beispiel, sie bilden, alle paar Jahre neu gekappt, keine starken Aeste, ihre zahlreichen Zweige liefern dafür reichlich Buschholz. Die Fichte, Tanne und Kiefer, welche auf einen Haupttrieb angewiesen sind,

verkümmern, wenn ihnen der letztere genommen wird. In der Regel tritt ein Zweig unterhalb der genommenen Spitze als neuer Haupttrieb hervor, in seltenen Fällen entwickeln sich zwei oder mehr Zweige als Haupttriebe, der Stamm wird alsdann gabelig getheilt, was normal bei den Nadelbäumen nicht der Fall ist. Im Forstrevier Katzhütte (Fürstenthum Schwarzburg-Rudolstadt) sah ich eine etwa zweihundertjährige Fichte, deren sehr starker Stamm in einer Höhe von etwa zwanzig Fuß neun mächtige Haupttriebe gebildet hat. Der schöne, sehr kräftige Baum hat ein eigenthümliches Ansehn gewonnen. Jeder Haupttrieb steigt, von den benachbarten um mehrere Fuß entfernt, kerzengerade in die Höhe; der Baum gleicht einem neunarmigen Kirchenleuchter, mit hohen Kerzen besetzt. — Eine uralte Linde im Dorfe Engerda bei Rudolstadt, deren hohl gewordener Hauptstamm zur Hälfte verloren gegangen, hat aus der übrig gebliebenen Hälfte, die gewissermaßen als Sockel dient, zwei mächtige starke gerade Stämme, neben einander stehend, mit prächtiger Krone gebildet.

Das Höhenwachsthum eines Stammes beruht, wie wir gesehen, auf der Verlängerung durch die Endknospe, das Längenwachsthum eines Astes oder Zweiges ist gleichfalls von seiner Endknospe abhängig; sobald letztere unthätig wird, sobald sie sich schließt, hört das Längenwachsthum für eine Zeitlang auf, wenn sie verkümmert oder zur Bildung der Blüthe mit verwerthet wird, so ist dasselbe für immer beendet. Kein ausgebildeter Trieb eines Baumes verlängert sich mehr; Niemand wird eine Verlängerung des Stammes unserer Obstbäume unterhalb seiner Krone jemals wahrgenommen haben; sobald sich im jungen Trieb das Herbstholz bildet, ist das Längenwachsthum vollbracht. Der Haupttrieb der Kiefer macht im Frühjahr innerhalb einer Woche oftmals einen zwei Fuß langen Schuß; der letztere, schwach gelb gefärbt, bricht aus seiner Knospe, die ihn im Herbst gebildet, rasch hervor, seine zarten, saftigen, sehr kurzen Zellen verlängern sich. Wenn der Schuß seine Länge so ziemlich erreicht hat, beginnt im Verdickungsring die Bildung

des eigentlichen Holzringes, mit ihm ist das Längenwachsthum beschränkt oder gar beendigt. Pflanzen, deren Stamm stark verholzte Zellen enthält, können ihre Stengelglieder nicht mehr ausdehnen; die Stengelglieder des Spargels wachsen nur in ihrer Jugend; sobald die Gefäßbündel verholzte Zellen enthalten, hört ihr Längenwachsthum auf.

Das Spiral- und Ringgefäß ist, wie wir gesehen, die zuerst im Cambiumbündel aller höheren Pflanzen entstehende Zellenart, es bildet sich in der Regel schon zu einer Zeit, wo die Verlängerung des Stengelgliedes noch fortdauert; es muß sich demnach mit dem Stammtheil, in welchem es liegt, verlängern können. Directe Beobachtungen bestätigen diese Voraussetzung. Stengel, welche sehr rasch wachsen, enthalten, so lange sie sich verlängern, nur Ring- oder Spiralgefäße; die Ringe oder Bänder, anfänglich dicht neben einander liegend, werden, wenn sich ihre Zelle dehnt, weiter von einander gerückt. In einem jungen Stengelgliede der Balsamine findet man Ring- und Spiralgefäße mit dicht auf einander liegenden Ringen oder Spiralbändern, in den ausgewachsenen Stengelgliedern trifft man dagegen ähnliche Gefäße aus ungleich längeren Zellen mit weit von einander entfernten Ringen und Bändern. In einem ausgebildeten Stengelgliede der Balsamine bestehen die zuerst entstandenen Gefäße aus sehr langen engen Zellen, die Windungen des Spiralbandes oder die Ringe sind von einander weit entfernt. Die später entstandenen Gefäße zeigen kürzere, in der Regel weitere Zellen, die Zwischenräume der Ringe oder der Windungen des Spiralbandes sind geringer. Die zuerst entstandenen Gefäße haben sich offenbar, dem anfänglich stärkeren Längenwachsthum des Stengelgliedes entsprechend, bedeutender als die später entstandenen Gefäße verlängert. — Epipogum Gmelini, eine wunderbare, in unseren Buchwäldern selten erscheinende Orchidee, erhebt sich plötzlich über die Laubdecke des Waldbodens, ihr Blüthenschaft erreicht innerhalb acht Tagen etwa die Höhe eines Fußes, die Gefäßbündel des letzteren enthalten nur einige Spiralgefäße. Das Spiral- und Ringgefäß kann sich, da

seine Wand nur stellenweise verdickt und verholzt ist, noch sehr wohl verlängern. Die nur schwach verdickten Stellen der Wand zwischen den Ringen oder den Windungen des Spiralbandes dehnen sich wahrscheinlich bei der Verlängerung des Pflanzentheils, in welchem die Gefäße liegen. Das netzförmige und getüpfelte Gefäß kann sich nicht mehr verlängern, die verdickten Partien der Zellwand sind hier zusammenhängend, sie können sich nicht gleich den Ringen oder Windungen des Spiralbandes von einander entfernen; solche Gefäßzellen entstehen erst, wenn das Längenwachsthum des Stengelgliedes aufhört. In der Markscheide finden wir, wie schon erwähnt, immer Ring- oder Spiralgefäße, niemals netzförmige Gefäße, niemals Treppengefäße oder getüpfelte Gefäße, letztere erscheinen erst mit den Holzzellen, sobald sich der betreffende Theil nicht mehr verlängert. Die stark verdickten Holzzellen im Gefäßbündel des Drachenbaumes bilden sich erst, wenn das Längenwachsthum des Stammtheils aufhört; die eigentliche Verdickung der Holzzellen eines jungen Triebes erfolgt erst, wenn dessen Längenwachsthum beendigt ist*).

Zweige, deren Stengelglieder sich nicht verlängern, bleiben kurz. Die Blätterbüschel der Lerche, die von einer Scheide umgebenen Doppelnadeln der Kiefer gehören einem solchen Zweige an. Die Stengelglieder der Knospe bleiben hier unentwickelt, während sich ihre Blätter entfalten. Bei der Lerche entstehen diese Blätterbüschel aus einer Knospe, welche sich im Jahre vorher in der Achsel der einzeln stehenden Nadel des jährigen Triebes bildet. Eine solche Knospe treibt mehrere Jahre hinter einander Blätterbüschel, d. h. Zweige mit verkürzten Stengelgliedern, sie kann aber auch Zweige mit verlängerten Stengelgliedern bilden. Bei der Kiefer entsteht die Knospe, welche die bescheidete Doppelnadel entwickelt, im Herbst in der Achsel eines einzeln stehenden Blattes. Wenn der junge Trieb, in welchem diese Knospe entstand, im

*) Vergl. meine Pflanzenzelle S. 271.

Frühjahr hervorschießt, ist das erwähnte Blatt bereits abgestorben, die in seiner Achsel entstandene Knospe entwickelt ihre beiden Doppelnadeln. Die häutigen Blätter ihrer Scheide sind gewissermaßen noch besondere Deckblätter für jede Knospe dieser Zweige mit verkürzten Stengelgliedern. Der Berberitschenstrauch (Berberis vulgaris) entwickelt ähnliche Zweige. Das eigentliche Blatt, in dessen Achsel dieselben entstehen, entfaltet nur in seltenen Fällen seine Blattfläche, ihre Stelle wird in der Regel durch drei lange Dornen ersetzt. Der Blätterbüschel, in der Achsel der drei Dornen entstanden, erinnert unwillkürlich an die Lerche. Auch die Buche entwickelt Zweige mit längeren und kürzeren Stengelgliedern. Bei der Kiefer ist der Vegetationspunkt zwischen den beiden Doppelnadeln nur sehr schwach entwickelt (Taf. 5, Fig. 15 p v), der Zweig sproßt deshalb nur in seltenen Fällen und zwar, wie es scheint, nur bei kranken Bäumen, kümmerlich weiter. Während der verkürzte Zweig der Lerche alljährlich von neuem treibt, ist die Thätigkeit des verkürzten Zweiges der Kiefer mit der Ausbildung der Doppelnadeln beendigt; der Vegetationspunkt zwischen den letzteren stirbt ab; bei der Lerche schließt er sich, er bleibt in normaler Weise thätig. Bei der Lerche findet man directe Uebergänge vom Zweige mit verkürzten Stengelgliedern zum Zweige mit verlängerten Stengelgliedern. Man überzeugt sich, daß die Nadeln der Blätterbüschel den einzeln stehenden Nadeln der jungen Zweige vollkommen entsprechen; auch die anatomischen Verhältnisse sind durchaus dieselben. Nur in den einzeln stehenden Nadeln des jungen Lerchenzweiges entsteht eine Knospe; die Nadeln der Blätterbüschel haben zwischen sich keinen Platz um Knospen zu bilden. Außer der Kiefer, der Pinie (Pinus Pinea), dem Knieholz (Pinus Pumilio) 2c., deren verkürzter Zweig zwei Nadeln entwickelt, bringt Pinus Strobus verkürzte Zweige mit vier, Pinus Cembra ähnliche Zweige mit fünf Nadeln. Die Scheide, gleichfalls vorhanden, besteht auch hier aus häutigen Deckschuppen. Die innere Organisation des Holzes der vier letztgenannten Nadelbäume weicht im Bau der Markstrahlen

wesentlich von allen anderen Nadelhölzern ab, große Tüpfel, welche man früher für Löcher gehalten, sind hier, der Kiefer entsprechend, vorhanden.

In der Natur steht Alles mit einander im Zusammenhang; wir können in den meisten Fällen und so auch hier nur Uebereinstimmungen oder Abweichungen im Bau bestimmter Pflanzen nachweisen; in welcher Beziehung die anatomischen Verhältnisse des Holzes zur Bildung dieser verkürzten Zweige stehen, können wir zur Zeit nicht erklären.

Junge Triebe, deren Stengelglieder sich verlängern, werden das, was wir dem Sprachgebrauche nach Zweige nennen. Wenn die Endknospe eines solchen Zweiges alljährlich von neuem treibt, wenn sich in der Achsel der entstandenen Blätter oder an beliebigen Stellen neue Knospen bilden, welche ihrerseits wieder Zweige bilden, so wird der Zweig allgemach zum Ast; er verdickt sich durch seinen Verdickungsring, er wächst in die Länge durch seine Endknospe, er verzweigt sich durch neu entstandene Seitenknospen. Das Entstehen der Knospen an bestimmten Stellen des Stammes oder Zweiges und die Art der ferneren Ausbildung der entstandenen Knospen ist bei jeder Baumesart verschieden. Die Tracht eines jeden Baumes, ja einer jeden höheren Pflanze wird zunächst durch das gesetzmäßige Verhältniß seiner Aeste und Zweige zum Stamm hervorgerufen. — Als Beispiele wähle ich unsere wichtigeren Nadelhölzer.

Die Tanne (Abies pectinata) bildet zunächst am Ende des jährigen Triebes Knospen; die Zweige und Aeste der Tanne entspringen deshalb fast sämmtlich unter einem Schuppenansatz. Der Haupttrieb macht zwei bis fünf, selten mehr Stammknospen; die Zweige, aus ihnen entstanden, sind anfangs etwas nach aufwärts gerichtet, später wachsen sie, fast wagerecht vom Stamm abstehend, weiter. Der Ast oder Zweig bildet unter jedem Schuppenansatz nach jeder Seite hin nur eine Stammknospe; während die Endknospe im Frühjahr den betreffenden Zweig verlängert, entwickeln sich aus

den beiden Seitenknospen neue Seitenzweige, die ihrerseits wieder im kommenden Jahre zu beiden Seiten ihrer Endknospe einen neuen Seitenzweig bilden. Alle diese Zweige liegen wagerecht; die Blüthen der Tanne allein entstehen aus Knospen, die nicht unter einem Schuppenansatz, vielmehr auf der Mitte des jährigen Triebes liegen; der weibliche Blüthenstand, der Zapfen, entsteht auf der Oberseite eines Zweiges, die männlichen Blüthen, die Kätzchen, entwickeln sich aus Knospen, welche an der Unterseite des jährigen Zweiges entstehen; sie hängen später abwärts, während der Zapfen aufwärts wächst. Die Tanne charakterisirt sich außerdem, wie ich schon im Eingang dieses Abschnittes bemerkt habe, durch die wagerechte Lage ihrer Aeste und Zweige. Wenn die Schuppenansätze längst verschwunden sind, kann man das Alter eines Tannenastes nach der Zahl der paarigen Seitenzweige leicht und sicher bestimmen. Nur selten und dann niemals paarig auftretend, entwickeln sich Zweige aus der Mitte eines Triebes. — Die Zweigbildung der Tanne entspricht genau der Zweigbildung der Mistel (Viscum), sie unterscheidet sich von der letzteren nur dadurch, daß bei der Tanne die Endknospe des Zweiges fortwächst, bei der Mistel dagegen zur Blüthe wird und deshalb nicht fortwachsen kann. Auch bei der Mistel zählt man das Alter eines Astes nach seinen paarigen Seitenzweigen.

Der Tanne ähnlich bildet auch die Kiefer (Pinus sylvestris) nur an der Spitze des Triebes Knospen, welche im kommenden Jahre einen Zweig entwickeln; die Zweige entspringen demnach immer unterhalb eines Schuppenansatzes. Die Zahl der um die Endknospe entstehenden Seitenknospen beträgt in der Regel vier bis sechs, dieselben stehen rings um den Stamm oder Zweig. Haupt- und Seitentrieb unterscheiden sich bei der Kiefer nicht wie bei der Tanne durch die Zahl und Lage der entstehenden Knospen; der Zweig einer Kiefer bildet oft eben so viel Seitenknospen als der Haupttrieb; die Aeste stehen quirlförmig um den Stamm, die Zweige umgeben quirlförmig die Aeste. Der Quirl, den unsere Hausfrauen

in der Küche benutzen, ist ein entrindeter Zweig der Kiefer, die Arme dieses Quirls sind dessen Seitenzweige, unter dem Quirlansatz entstanden. Nur der Haupttrieb der Tanne würde solche Quirle liefern können. Wenn die Kiefer normal fortwächst, so wiederholt sich diese Art der Zweigbildung eben so regelmäßig; selten ist dies der Fall. Um die normale Zweigbildung der Kiefer zu studiren, muß man junge, nicht unterdrückte, zehn- bis zwanzigjährige Bäume betrachten; die Regelmäßigkeit der Ast- und Zweigbildung wird in solchem Falle den Beobachter überraschen. Später verliert die Kiefer, namentlich durch Beschattung, viel Aeste und Zweige. Die Aeste der Kiefer richten sich bogenförmig in die Höhe; wenn der Haupttrieb unterdrückt wird, erheben sich in der Regel mehrere Aeste, seinen Dienst vertretend. Die Kiefer ist derjenige Waldbaum, dessen Tracht sich zwar durch Verkümmerung angelegter Knospen und andere Umstände mannigfach verändert, dessen Haupteindruck dagegen, durch die Gesetze seines Wachsthums selbst geschrieben, unter allen Umständen derselbe bleibt; die Kiefer wird z. B. niemals die Zweigbildung der Tanne annehmen und dennoch ist die Kiefer des freien Wuchses ein ganz anderer Baum als die Kiefer des geschlossenen Bestandes. Die Kiefer bildet, wie es scheint, niemals Nebenknospen. Wenn ihre Keimpflanze, was in sehr günstigen Jahren und auf sehr günstigen Standorten einzeln vorkommt, schon im ersten Jahre Zweige bildet, so entstehen dieselben in der Achsel eines der einzeln stehenden Blätter (Nadeln). Der junge Zweig trägt wieder einzeln stehende Nadeln. Im zweiten Lebensjahre der Keimpflanze entstehen unter der Endknospe die Seitenknospen, welche im Frühling des dritten Jahres als erster Zweigquirl hervortreten. Von nun an erfolgt die Bildung verlängerter Zweige immer nur unter einem Quirlansatz; die Knospen in der Achsel der einzelnen Blätter werden von nun an sämmtlich als verkürzte Zweige ausgebildet. — Die Anlage der männlichen Blüthen entsteht schon im Herbst innerhalb der Knospe; der junge Trieb bildet Achselknospen, welche statt der verkürzten Zweige mit Doppelnadeln,

Zweige entwickeln, deren Blätter zu Staubfäden werden (Taf. 2, Fig. 6 A u. Fig. 11). Der weibliche Blüthenstand, der Zapfen der Kiefer, entsteht erst im Frühjahr am Ende des jungen mit Doppelnadeln bekleideten Triebes, seine Lage entspricht der eigentlichen Zweigknospe für das kommende Jahr bestimmt; nach der Kräftigkeit des Zweiges bilden sich ein oder mehrere Zapfenanlagen, die gleich den eigentlichen Zweigknospen erst im kommenden Jahr ihre volle Entwicklung erreichen. (Ich besitze einen Zweig von Pinus sylvestris, der unter einem Quirlansatz vierundzwanzig junge Zapfen trägt.) Die Zweig- und Fruchtbildung aller wahren Pinus-Arten, d. h. aller Nadelhölzer, welche zwei oder mehrere Nadeln aus einer Scheide entwickeln, scheint genau der Kiefer zu entsprechen (Taf. 2, Fig. 6 x u. x^{I}).

Die Fichte (Picea vulgaris Link) verzweigt sich der Tanne ähnlich, ihr Haupttrieb ist quirlartig von Aesten umgeben, ihre Zweige bilden in der Regel unter jedem Schuppenansatz nach jeder Seite hin einen neuen Zweig, sie ist aber nicht wie die Tanne und Kiefer auf diese Zweigbildung unterhalb des Schuppenansatzes allein beschränkt, in der Achsel jeder Nadel kann eine Knospe entstehen, welche im kommenden Jahre einen Zweig bildet, die Fichte ist deshalb ungleich mehr beästet und bezweigt als die Kiefer und Tanne, ihr fehlt deshalb die große Regelmäßigkeit der Astbildung. Die Fichte, mit mehr Zweigen versehen, belaubt sich stärker, ihre jungen Zweige sind dafür ungleich schwächer, auch ihre Aeste erreichen nicht die Stärke des Tannenastes. Das Gewicht der zahlreichen Zweige zieht die Aeste allmälig bogenförmig herunter, die schwachen Zweige hängen an letzteren senkrecht herab, während die kräftigen jüngeren und deshalb weniger bezweigten Gipfeläste desselben Baumes sich nach aufwärts richten. Aus der Endknospe des jährigen Zweiges entwickelt sich der Zapfen der Fichte, er hängt, gleich den Zweigen, nach abwärts; aus der Endknospe ähnlicher Zweige entsteht auch die männliche Blüthe. Der Haupttrieb der Fichte beschränkt seinen Höhenwuchs erst im hohen Alter, daher das spitze, kegelförmige Ansehen ihres Gipfels. Das Höhenwachs-

thum der Tanne beschränkt sich viel früher, der Gipfel eines alten Baumes erscheint kuppelförmig. Tanne und Fichte sind durch die Tracht ihrer Zweige augenblicklich zu unterscheiden.

Bei der Lerche (Larix europaea) hört die Regelmäßigkeit der Zweigbildung auf; hier kann außer der Endknospe nach Umständen auch jede Achselknospe einen wahren Zweig entwickeln, die Mehrzahl der Achselknospen bildet freilich Blätterbüschel, d. h. Zweige mit verkürzten Stengelgliedern. Oftmals entsteht im Frühjahr aus derselben Knospe ohne bestimmte Gesetzmäßigkeit ein solcher Blätterbüschel, der allmälig in einen langen Zweig übergeht. — Die Hauptäste der Lerche tragen sich wagerecht, die schwächeren Zweige hängen herab. Die Lerche bildet viel Zweige und deshalb auch viel Blätter, sie braucht wahrscheinlich viel atmosphärische Nahrung; sie macht unter günstigen Verhältnissen starke Jahresringe und ein brauchbares Holz; ihre alljährlich abfallenden Nadeln düngen den Boden; sie ist also ein sehr nützlicher Waldbaum. Dennoch sollte man sie nur pflanzen, wo sie gedeihen, wo sie ihre nützlichen Eigenschaften entwickeln kann.

Die Laubhölzer bilden in der Regel in der Achsel eines jeden Blattes eine Stammknospe; aus der letzteren entfaltet sich nach Umständen, meistens erst im kommenden Jahre, ein Zweig. Die Blattstellung der Laubbäume hat demnach auf die Art ihrer Zweigbildung einen großen Einfluß; die Roßkastanie, mit gegenständigen Blättern, hat eine andere Zweigbildung als die Buche mit abwechselnden Blättern. Nach der Ueppigkeit des Baumes entwickeln sich alle oder nur einige der in den Blattachseln vorhandenen Knospen zu Zweigen. Die Regelmäßigkeit der Zweigbildung, welche wir bei der Kiefer in hohem Grade, bei der Tanne in beschränkterem Maße, bei der Fichte kaum noch antrafen und bei der Lerche gänzlich vermißten, ist auch bei den Laubbäumen mehr oder weniger deutlich ausgeprägt, desgleichen ist die Art und Weise, wie jeder Baum seine Aeste und Zweige trägt, mehr oder weniger constant. Die Buche des freien Standes breitet ihre Aeste ziemlich wagerecht

aus, ihre Zweige liegen gleichfalls wagerecht; die verlängerten Zweige tragen ihrerseits Zweige mit kurzen Stengelgliedern. Die Buche des geschlossenen Bestandes richtet ihre Hauptäste aufwärts, ihre Zweige breiten sich erst wagerecht aus, wenn sie das Licht begrüßen. — Die Birke macht viel Aeste und viel Zweige, die Aeste steigen im spitzen Winkel aufwärts; die jungen schlanken Zweige hängen bogenförmig von ihnen herab. Der Hauptstamm der Birke wächst mächtig in die Höhe. Je mehr Zweige sich entwickeln, um so schwächer werden dieselben, um so hängender wird des Baumes Krone, so bei der Trauerbirke. — Die Eiche wird durch starke, aber sehr unregelmäßige Astbildung charakterisirt; die Unregelmäßigkeit der letzteren wird entweder durch das Absterben der Endknospe oder einzelner Zweige hervorgerufen. — Ueber die Tracht der Pappelarten habe ich bereits zu Anfang dieses Abschnitts gesprochen. — Sicherlich läßt sich jeder Baum, wenn man die Art der Zweigbildung und die Tracht seiner Aeste und Zweige studiren würde, schon durch letztere unterscheiden; so bildet Taxodium bestimmte Zweige, die alljährlich nahe ihrer Basis abfallen, während andere nicht abgeworfen werden. Bäume, welche leicht viele Zweige bilden, lassen sich mit Vortheil zu Hecken benutzen, so der Dorn, die Hainbuche und die Fichte.

Abnorme Zweigwucherungen, unter verschiedenen Namen bekannt, sind für den Forstmann und den Pflanzen-Physiologen gleich interessant. Der Hexenbesen oder Wetterbusch erscheint nicht selten auf der Tanne, er ist eine Zweigwucherung eines Astes, welche oft zwanzig Jahre und länger fortdauert. Die erste Veranlassung derselben kennt man nicht; den armen Pilzen, denen manche Naturforscher gern alles Unheil aufbürden möchten, schreibt man zum Theil auch das Entstehen des Hexenbesens zu. Der Stich eines Insekts ist mir als erste Ursache solcher Zweigwucherungen ungleich wahrscheinlicher. Die sogenannten Weidenrosen, ähnliche Zweigwucherungen, sollen durch ein Insekt veranlaßt werden. Wenn man den Hexenbesen der Tanne in der Natur beobachtet, so sieht

man, daß eine Menge Zweige, aus Achsel- und Nebenknospen entstanden, auf einer beschränkten Fläche des Astes hervorbrechen und ihrerseits wieder reichlich Zweige bilden, es entsteht nach einigen Jahren ein dichtes Gewirr von Zweigen, das im belaubten Zustande leicht einem alten Mistelbusche gleicht. In solchem Wetterbusch erbaut, sobald er abgestorben, ein Vogel gern sein Nest. Unter einem Hexenbesen zeigt der Ast jederzeit eine mächtige Holzanschwellung, welche durch ihre Jahresringe das Alter des Hexenbesens bekundet. Das Holz dieser Anschwellung ist sehr fest; sie scheint für eine örtliche Holzbildung durch den vermehrten Zweig- und Blätterwuchs zu sprechen. Ich fand den Hexenbesen bei unterdrückt oder dumpfig stehenden Tannen nicht selten. Der Baum schien in der Regel kränklich, Flechten, sonst dem glatten Stamm der Tanne kaum bekannt, bedeckten seine Rinde. Der Aberglaube scheut den Hexenbesen; kein Holzhauer, keine Holzleserin trägt ihn nach Hause, den Blitzstrahl fürchtend, der ihm folgen soll; daher der Name Wetterbusch. Außer der Tanne sah ich Wetterbüsche an der Hainbuche und der Acacie; auch bei der Kiefer soll derselbe vorkommen.

Die Pappel, die Roßkastanie und einige andere Bäume bilden nicht selten, da wo ihr Zweige genommen wurden, kuppelartige, mit Borke überdeckte Erhebungen, Rindenwülste, aus denen zahlreiche Nebenknospen hervorbrechen. Auch hier ist eine Zweigwucherung vorhanden, die sicherlich kein Pilz veranlaßt hat. Auf einer solchen Zweigwucherung beruht die Maserbildung. Die Säumaugen in der Rinde einiger Bäume, bei der Pappel, Linde, Buche u. s. w., sind verkümmerte Zweige, die nicht in die Länge, wohl aber im Umfang gewachsen sind. Man kann dieselben als erbsen- oder nußgroße Kugeln aus der Rinde schälen. — Die Dornen der Cratägus- und Prunus-Arten sind Zweige, deren Vegetationspunkt später verholzt ist; sie tragen oftmals verkümmerte Blätter.

Wenn sich Stämme oder Zweige an einander reiben, so verwachsen sie nicht selten mit einander. Auf einem Pflanzbeet ohnfern Rudolstadt sah ich im letzten Sommer zwei ganz junge Buchen

mit verwachsenen Wurzeln; die unter der Erde befindlichen Theile der letzteren waren getrennt, die Verwachsung ging nach oben nur bis zu den Samenlappen, jeder Baum entwickelte seinen besonderen Stammtrieb. Die Vereinigung beider Bäume war durch die thätigen Zellen der ursprünglichen Rinde (Abschn. VII) erfolgt; später hatte jedes Bäumchen Kork gebildet, die Saftverbindung des einen Baumes mit dem anderen war durch letzteren wieder aufgehoben. — Die Verwachsung zweier Stämme oder Aeste kann immer nur durch eine längere directe Berührung eines in der Fortbildung begriffenen Gewebes erfolgen. Wenn keine Korkbildung später, wie in dem beschriebenen Falle, die Saftverbindung zweier Stämme oder Aeste aufhebt, so wachsen dieselben, mit einander verbunden, fort, jeder Stamm entwickelt für sich die betreffenden Theile, welche oftmals durch den gegenseitigen Druck in ihrer Ausbildung etwas behindert werden. Durchsägt man einen solchen Stamm, so erkennt man, daß eine wirkliche Verbindung desselben nur in der thätigen Rinde oder im Verdickungsring stattfand und stattfinden konnte. Bäume, welche starke Borke bilden, verwachsen deshalb nicht leicht mit einander; nie sah ich Kiefern, Fichten oder Lerchen mit einander wirklich verwachsen, verwachsene Eichenstämme sind mir gleichfalls unbekannt, dagegen braucht man in ausgedehnten Waldbezirken nach verwachsenen Buchen- und Tannenstämmen nicht lange zu suchen. Die Zweige der Linde verwachsen, wo sie zur Bildung von Lauben durcheinander geflochten werden, ebenfalls gar häufig mit einander. Die Buche, die Tanne und die Linde können, da sie mit einer lange lebensthätig bleibenden Rinde versehen sind, solche Verwachsungen für lange Zeit unterhalten, das Abwerfen der Borke muß dagegen bei anderen Bäumen, wenn die Verwachsung vermittelst der Rinde erfolgt, selbige bald wieder aufheben. Eine Verwachsung, durch den Verdickungsring entstanden, kann eine scheinbare Verschmelzung des Holzrings zweier Bäume herbeiführen. — Göppert*) hat nachgewiesen, daß die Stöcke gefällter Tannen sich noch viele

*) Göppert, das Ueberwallen der Tannenstöcke. Bonn 1842.

(bis hundert) Jahre lang verdicken, daß sich die Wundfläche des Stockes durch Ueberwallung allmälig kuppelförmig schließt; er hat ferner gezeigt, daß dies Verhältniß nur dann stattfindet, wenn die Wurzel eines solchen Stockes mit der Wurzel einer kräftigen Tanne innig verwachsen ist, der letztgenannte Baum nährt nach ihm in diesem Fall den Stock, der durch sich selbst keine atmosphärische Nahrung nehmen kann; Göppert bezeichnet den Stock als Zehrstamm, die Tanne, welche für ihn sorgt, dagegen als Nährstamm. Die Tanne scheint für eine solche langjährige Verwachsung besonders günstig. — Göppert, nicht Meyer, wie in meiner Pflanzenzelle (S. 332) irrthümlich angegeben, hat das Verhältniß überwallter Stämme zuerst beobachtet.

Nimmt man dem Stamm eines Baumes einen Ast, oder verletzt man seine Rinde bis zum Holzring, so überwallt die entstandene Wunde, d. h. dieselbe schließt sich ganz allmälig mit Hülfe des Verdickungsringes. Wo der letztere fehlt, kann das Holz und die Rinde nicht nachwachsen, die Wunde muß demnach vom Rande her vernarben, wozu, nach ihrer Größe, manchmal viele Jahre nöthig sind. Ich untersuchte den Querschnitt eines Kieferstammes, welcher 288 Jahresringe zählte; im sechsundachtzigsten Jahre hatte der Stamm eine mehrere Zoll breite Wunde erhalten, die etwa nach zwanzig Jahren vollständig geschlossen, überwallt, war; der Verlauf der Jahresringe war dennoch bis zum letzten Lebensjahre des Baumes an der vernarbten Wundstelle wesentlich geändert, jeder Jahresring wandte sich an dieser Stelle einwärts. Die Buche, Tanne und Linde überwallen, ihrer thätigen Rinde halber, am leichtesten. Die kuppelförmigen oder mehr spitzen, mit Rinde bekleideten, Auswüchse des Stammes alter kräftiger Buchen sind überwallte Aststumpfe; war die Wundfläche glatt, durch die Säge entstanden, so überwallt der Stumpf kuppelförmig, war sie uneben, durch die Axt hervorgerufen, so überwallt dieselbe unregelmäßiger. Die Gestalt des Aststumpfes läßt sich an der Art der Ueberwallung erkennen. Herrliche Beispiele solcher Ueberwallungen liefern die alten Buchen in der Nähe des Schlosses zu Schwarzburg.

Nicht selten findet man tief im Holz eingeschossene Büchsenkugeln; auch Zeichen und Buchstaben, bis auf den Splint in den Stamm geschnitten, verwachsen bei der Buche bisweilen so vollständig, daß selbige nach langen Jahren mitten im Holz wieder gefunden werden. Auf der Forstakademie zu Neustadt-Eberswalde bewahrt man einen derartigen Buchenstamm, in der Sammlung der Universität zu Leipzig sah ich ein ähnliches Präparat.

Der Gärtner veredelt unsere Obstbäume durch eine Verbindung des Stammes oder der Zweige mit einer Knospe oder einem Zweig eines edleren Obstbaumes; es erfolgt eine Verwachsung der fortbildenden Gewebe und dadurch eine Saftverbindung der mit einander verwachsenen Theile. Das edle Pfropfreis wächst zum edlen Zweig, während der Stamm aus sich, wie früher, Zweige seiner Art entwickelt. Man unterscheidet zwischen Oculiren, Copuliren und Pfropfen. Beim Oculiren wird die Knospe eines edlen Baumes mit der Rinde und dem jungen Holz unter die Rinde des Baumes, den man veredeln will, geschoben (Fig. 43 A u. B). Beim Copuliren wird ein Zweig, der Knospen trägt, mit einem Zweige von gleicher Dicke innig verbunden (Fig. 44). Beim Pfropfen endlich wird ein knospentragender Zweig, das Pfropfreis, in einen starken, glatt ab-

Fig. 43.

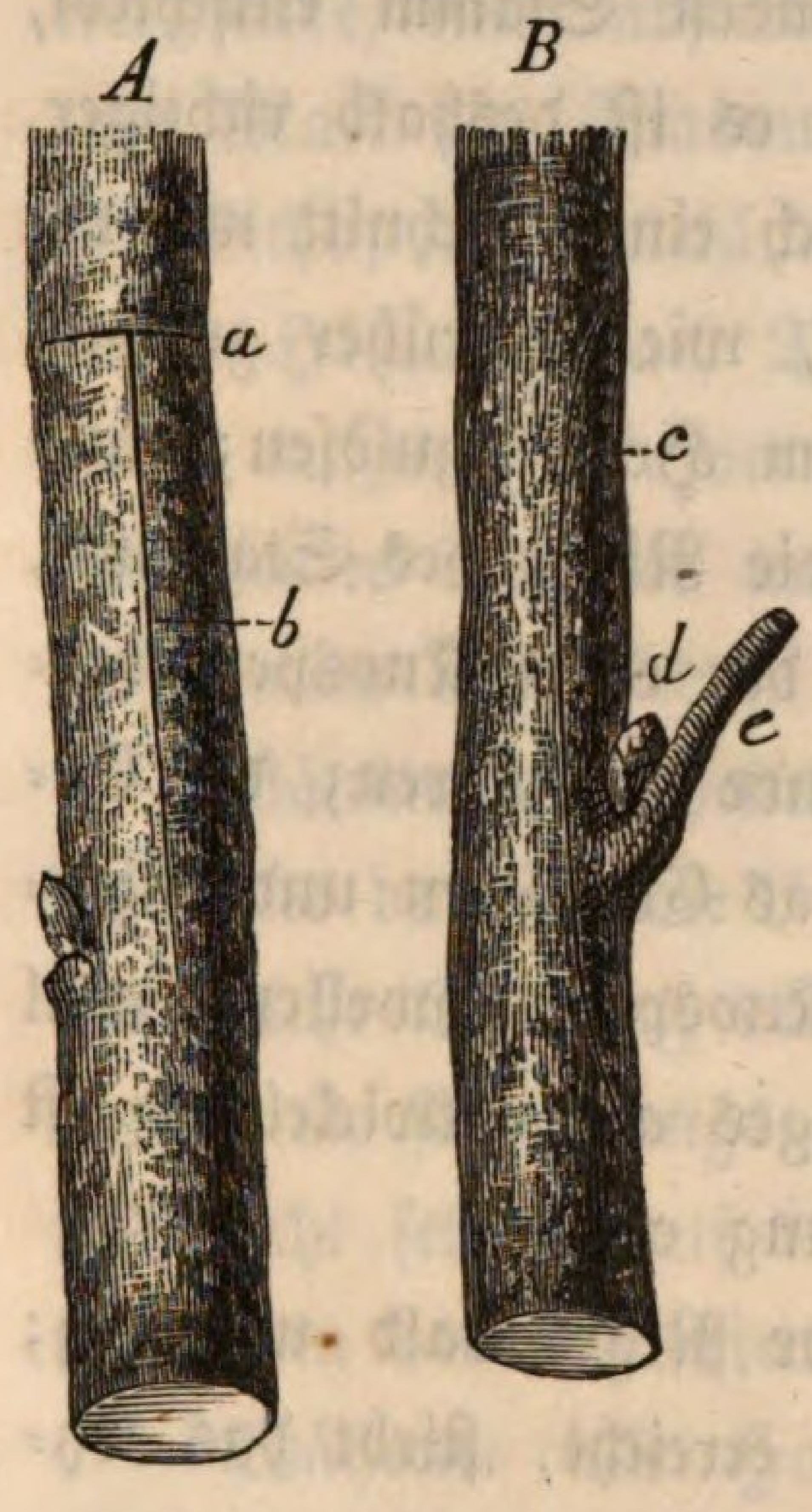


Fig. 43. A Ein Zweig, welcher oculirt werden soll. a Der wagerechte Rindenschnitt, der mit einem scharfen Messer, etwa den halben Zweig umkreisend, zuerst geführt wird. b Der senkrechte Rindenschnitt; man hebt die gespaltene Rinde sorgfältig bei a in die Höhe und schiebt in den entstandenen Schlitz das Rindenstück c des edlen Zweiges B, welches die Knospe d trägt, so tief zwischen Holz und Rinde herab, daß der Blattstiel e etwa das Ende des Rindenschlitzes (b) erreicht. Der letztere wird alsdann sofort mit Bast verbunden.

Fig. 44.



gesägten Stamm, der vorher mäßig tief gespalten ward, so eingeschoben, daß der Verdickungsring des Pfropfreises mit dem Verdickungsringe des Stammes in unmittelbare Berührung kommt, weil nur in diesem Fall eine Verwachsung möglich ist. Beim Oculiren verbindet man den Schlitz der Rinde mit Bast, beim Copuliren verschließt man die Wunde durch Bast und Baumwachs. Das Oculiren geschieht im Sommer (Ende Juni), bei ihm ist namentlich darauf zu achten, daß die Knospe in der Achsel des Blattstiels, welche man mit der Rinde und dem jungen Holz in den fremden Stamm einschiebt, durchaus unverletzt ist, es ist deshalb richtiger, etwas junges Holz durch einen Schnitt mit der Rinde zu nehmen, als, wie es früher geschah, die Rinde sorgfältig vom Holz abzulösen; auch ist es besser, den wagerechten Schnitt in die Rinde des Stammes, zum Hineinschieben des Rindenstückes mit der edlen Knospe, oberhalb des senkrechten Schnittes in die Rinde zu führen; die Erfahrung hat diesen Handgriff bewährt. Das Copuliren und Pfropfen geschieht im Frühjahr, wenn die Knospen schwellen, weil alsdann die Thätigkeit des Verdickungsringes am entwickeltsten ist und deshalb am leichtesten eine Verwachsung erfolgt.

Das Mark des Baumes wird in der Regel bald unthätig; bei einer Verwundung, welche das Mark erreicht, stirbt das letztere in der Regel ab, der Baum fault von innen her. Unsere

Fig. 44. Links ein gepfropfter, rechts ein copulirter Zweig. Das Copuliren eignet sich für schwächere, das Pfropfen dagegen für stärkere Zweige; beim Copuliren muß der edle Zweig dem anderen an Dicke entsprechen; beim Pfropfen muß der edle Zweig viel schwächer als der Ast sein, auf welchen man ihn pfropft. Man schiebt zweckmäßig zwei Pfropfreiser, rechts und links, in die Spalte. Die Wunde wird durch Baumwachs und Leinwand verbunden.

Kopfweiden, aus geköpften Stecklingen gezogen, werden sehr bald markfaul, ihr Stamm erhält später seitliche Oeffnungen. Auch die Eiche wird bei tiefen Verwundungen leicht markfaul; der Linde geht es nicht besser; dessen ohngeachtet wachsen solche Bäume durch ihren Verdickungsring ungehindert weiter, ja sie schlagen bisweilen sogar Zweige und Wurzeln ins Innere ihres eigenen Stammes. Das Wurzelgeflecht im faulenden Holz der Kopfweiden ist aus Wurzelknospen, die in der Krone des Baumes ihren Ursprung nehmen, entstanden, diese Wurzeln nähren sich von den Verwesungs-Produkten ihres Mutterstammes. Der Sturm würde die Eiche nicht brechen, wenn sie nicht zu oft markfaul (kernfaul) wäre. Der Stamm der Nadelhölzer wird ungleich seltener kernfaul, die fortwachsende, nicht absterbende Endknospe hindert den Zutritt der Luft zum Mark des Stammes, auch enthält der letztere nicht, wie bei der Eiche, Stärkmehl aufgespeichert. Der Stamm eines Baobab, dessen Höhlung nach Trémaux*) oftmals über zweihundert Personen aufzunehmen vermag, wird bisweilen so hohl, daß nur einige Zoll seines Splintes und seiner Rinde übrig bleiben, dennoch wächst der Baum ungehindert weiter.

Bäume mit scheinbar gedrehtem Stamme zeigen sich hie und da, ohne daß wir die Ursache der spiralförmigen Drehung begreifen; eine solche Drehung des Stammes tritt früh auf, sie bleibt, wenn der Baum sie anfangs zeigte, durch sein ganzes Leben. Drehbuchen sind nicht selten; auf dem Wege von Schwarzburg nach Sitzendorf stehen an der Kunststraße schöne Exemplare.

Während alle Holzpflanzen durch den Verdickungsring und die sich in ihm fortbildenden Gefäßbündel einen Holzring erhalten, bleibt der dem letzteren entsprechende Theil bei vielen krautartigen Pflanzen unverholzt. Die Gefäße und langgestreckten Zellen, welche den Holzzellen oder dem Holzparenchym entsprechen, liegen an der inneren Seite des Verdickungsringes, während die Bast- und

*) Trémaux, voyage au Soudan Oriental.

Rindenzellen auch hier an der äußeren Seite des letzteren auftreten. Das Mark solcher Pflanzen wird bisweilen, entweder durch Resorption oder durch Austrocknen und Zerreißen seiner Zellen, hohl. Die Stengelglieder der meisten Grashalme sind hohl.

Tiefe, wagerechte Einschnitte, bis zum Holzring, um den ganzen Stamm eines Baumes geführt, bewirken, wenn ein mäßig breites Rindenband vom Stamm entfernt wird, fast ohne Ausnahme das Absterben des Baumes; der Saftaustausch durch die lebendigen Theile wird durch dies sogenannte Ringeln sehr beeinträchtigt. Die Aeste einiger Obstbäume vertragen dieselbe Operation ungleich besser als der Stamm. Der Theil des geringelten Astes über der Kreiswunde verdickt sich stärker, die Wundränder dieser Seite vernarben mächtiger als die Wundränder des unteren Asttheiles; der geringelte Ast soll reichlicher Früchte bringen. (?) Es scheint demnach, als ob durch das Ringeln bestimmte in der Rinde enthaltene Nahrungsstoffe in dem Ast verbleiben, welche sonst, weiter geführt, auch dem Stamme zu Gute kommen. Ein Saftaustausch in absteigender Richtung innerhalb der Rinde gewinnt durch die Erscheinungen, welche das Ringeln der Aeste hervorruft, immer mehr Wahrscheinlichkeit.

Die lebendigen Theile der Rinde, desgleichen der Verdickungsring mit dem in ihm liegenden Cambium der Gefäßbündel, ferner die Markstrahlen des jüngeren Holzes, führen bei allen Bäumen Säfte, der Inhalt der saftführenden Zellen ist jedoch sehr verschieden; in der Rinde findet man andere Stoffe als im Cambium, in den Markstrahlen wiederum andere Stoffe als in der Rinde. Auch die Markscheide einiger Pflanzen, z. B. des Weinstocks, bleibt längere Zeit thätig, das Mark selbst wird dagegen in der Regel bald unthätig. Die Art des Saftaustausches scheint nicht bei allen Pflanzen genau dieselbe zu sein. Im Cambium der Gefäßbündel finden sich überall stickstoffreiche Verbindungen, hier fehlen die Kohlenhydrate, wie es scheint, zu allen Zeiten; das Cambium der Gefäßbündel befördert demnach zunächst den Austausch der stickstoff-

reichen Verbindungen. Die Bastzellen führen, da ihre nächste Umgebung immer große, dem Gyps in seinem chemischen Verhalten und in seiner Krystallform entsprechende Krystalle enthält, wahrscheinlich zunächst mineralische Stoffe, dem Boden entnommen, aufwärts durch die Pflanze. Das Nahrungsgewebe der Rinde möchte dagegen, weil seine Zellen vorzugsweise Kohlenhydrate, wahrscheinlich zunächst durch atmosphärische Nahrung gebildet, enthalten, den Saftaustausch für bestimmte Stoffe nach abwärts unterhalten; daher vielleicht die stärkere Ernährung des geringelten Astes.

Die Bäume unserer Zone wachsen im Winter weder in die Länge noch im Umfang, aber dennoch zweifle ich an einem vollständigen Erlöschen des Lebens ihrer Zellen; die Thätigkeit des letzteren scheint mir nur sehr beschränkt, es scheint als ob die Zellen, sobald die Temperatur bis zu einem gewissen Grade hinabsinkt, nicht mehr fähig sind, neue Zellen zu bilden. Der Holzring unserer Waldbäume erhält im Winter keinen neuen Zuwachs, auch der junge Trieb innerhalb der geschlossenen Knospe scheint sich im Winter nicht weiter auszubilden; eine bestimmte Wärmemenge muß demnach zur vollkommenen Zellenthätigkeit für jede Pflanze erforderlich sein. Wahrscheinlich ist es auch hier die stickstoffhaltige Substanz, welche durch die Wärme des Frühlings in regere Thätigkeit versetzt, den Prozeß der Zellenbildung einleitet und unterhält. Ob sich im Winter die Stoffe innerhalb der saftführenden Zellen verändern, ob sich die Wand solcher Zellen im Winter verdickt, sind Fragen, die ich nicht zu entscheiden vermag.

Sobald im Frühling die Vegetation beginnt, schält sich die Rinde der Bäume leicht, Birke und Weinstock bluten, wenn man die Rinde verletzt; die im Herbst in den Markstrahlen und in der Rinde aufgespeicherten Kohlenhydrate werden gelöst. Die Thätigkeit der Wurzel erwacht, wie es scheint, am frühesten, der mit Wasser gesättigte Boden begünstigt ihre Thätigkeit, die Diffusion, durch die allmälige Auflösung der Kohlenhydrate lebhaft angeregt, führt das dem Boden entzogene Wasser durch das Cambium der Gefäßbündel nach

aufwärts; das spezifische Gewicht des Zellsaftes vermehrt sich mit der Höhe im Stamm*). Der Baum, dessen Knospen sich zu entfalten beginnen, kann augenblicklich nicht allen ihm so reichlich gebotenen Nahrungssaft verwerthen, die Diffusion dauert fort, die Saftmenge vermehrt sich, das Cambium der Gefäßbündel hat nicht mehr Raum für selbige, der Saft dringt, wahrscheinlich von den saftführenden Markstrahlen aus, in die bereits mit Luft erfüllten Gefäße des Holzringes. Wenn man jetzt die Rinde verwundet, so träufelt der Saft aus dem Einschnitt hervor. Etwas später entfalten sich die Knospen, der junge Trieb entwickelt seine Blätter; der Baum verbraucht jetzt viele Nahrungsstoffe, er findet sie in seinem eigenen Zellsaft; die Birke und der Weinstock bluten nicht mehr, die Rinde der Nädelbäume schält sich nicht mehr so leicht als im ersten Frühling, auch der Saft aus den Gefäßen ist verschwunden. Die Aufnahme des Wassers aus dem Boden steht von nun ab mit dem Verbrauch des Saftes durch die jugendlichen Theile der Pflanze im Verhältniß. — Sind die jungen Zweige und deren Blätter ausgebildet, beginnt die Endknospe der ersteren sich zu schließen, so tritt in einem geringeren Grade nochmals eine Saftüberfüllung ein; die Rinde der Nadelbäume schält sich zum zweiten Male leichter. Der Saft, welcher bis dahin den jungen Zweig ernährte, wird, sobald derselbe vollständig ausgebildet ist, nicht mehr in gleichem Grade verbraucht, er sammelt sich wiederum in größerer Menge zwischen Holz und Rinde.

Sobald die Deckschuppen der Endknospen gebildet sind, erhebt sich der Vegetationspunkt der letzteren, um die Anlage des neuen, für das kommende Jahr bestimmten Triebes zu bilden; der reichlich vorhandene Saft liefert ihm die nöthigen Stoffe; die Rinde schält sich, wie im Frühjahr, nur für kurze Zeit. Die Holzzellen verdicken sich von nun ab stärker, sie bleiben auf dem Querschnitt tafelförmiger, es entsteht das Herbstholz der Jahresringe.

*) Moleschott, Physiologie des Stoffwechsels, S. 70.

Die Erscheinungen im Pflanzenleben würden sich alle mehr oder weniger erklären lassen, wenn man bisher das Leben der Zellen selbst näher beobachtet hätte; ohne die genaueste Kenntniß der feineren Anatomie und der Wechselwirkung der Gewebe auf einander, ist kein wirkliches Verständniß der Lebenserscheinungen im Thier- und Pflanzenreiche möglich.

V.

Das Blatt.

Gewisse Säugethiere ändern nach der Jahreszeit ihren Pelz, das Gefieder vieler Vögel ist im Winter anders als im Sommer; die Belaubung der Bäume ändert sich gleichfalls nach der Jahreszeit.

Der Laubwald steht im Winter blattlos, Schnee liegt auf düsteren Tannen und Fichten. Mit dem Frühling schwillt die Knospe, junge Blätter entfalten sich, ein gelber Schein umsäumt die Kronen des Laubwaldes. Tanne und Fichte erhalten gelbe Spitzen, die langen Schüsse der Kiefer entwickeln grüne Doppelnadeln, die Lerche, welche blattlos überwintert, treibt neue Blätterbüschel.

Es wachsen die Blätter, Wiese und Wald prangen im saftigen Grün des Frühlings. Sobald die Blätter ausgewachsen, schwindet ihre Frühlingsfärbung; der dicht belaubte Wald gewährt im Sommer Schatten und Kühlung.

Immer dunkler färbt sich das Laub; es naht der Herbst. Die Blätter des Ahorns, der Birke, der Buche und der Eiche werden gelb, das Gelb verwandelt sich in Roth und Braun. Von der Herbstsonne beleuchtet, erglänzt der Wald, seine Lichter und Schattirungen kann kein Pinsel malen; hier eine Birke im hellsten Gelb, dort eine braunrothe Buche, im Hintergrund dunkel grüne Tannen.

Und wenn im Herbst verbleichet
Der grüne Wald, die grüne Flur:
Da brennt auf weißem Stamme
Der gelben Krone Flamme,
Als Trauerkerze der Natur*).

Stürme und Frost entlauben den Wald, nur die Eiche und die Buche behalten ihre dürren Blätter, um sie im nächsten Frühling mit dem frischen Laub zu tauschen; ein dunkles winterliches Grün färbt den mit Schnee bedeckten Nadelwald.

Blätter sind es zunächst, welche dem Wald und der Wiese ihren Schmuck verleihen; Blätter ernähren, mit der Wurzel im Verein, den Baum wie den Grashalm; Blätter sind wichtige Organe der Pflanze.

Was ist das Blatt? — Das Blatt ist ein Organ des Stammes, unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe entstanden, das nicht, gleich dem Stamm, seinen eigenen Vegetationspunkt trägt und deshalb nicht an seiner Spitze fortwächst, nicht aus sich selbst neue Blätter bildet. — Des Blattes äußerste Spitze ist sein ältester Theil.

Das Blatt dient im Allgemeinen zur Ernährung der Pflanze; es nimmt durch seine Oberhaut gas- und dunstförmige Stoffe aus der Atmosphäre; seine Nahrungsgewebe, wie seine thätigen Zellen überhaupt, verarbeiten die aufgenommene Nahrung. Andere gas- und dunstförmige Stoffe werden dagegen wieder durch die Oberhaut des Blattes abgeschieden. Das Blatt ist gewissermaßen das Respirationsorgan, die Lunge der Pflanze; seine flächenartige Gestalt vermehrt die Berührungspunkte mit der Atmosphäre. Die untergetauchten Blätter einiger Wasserpflanzen, desgleichen die Keimblätter einiger Gewächse haben eine etwas veränderte Function.

Nicht alle Pflanzen haben grüne Blätter. — Kann denn das Blatt durch einen anderen Theil des Stammes ersetzt werden? —

*) Sigismund, Lieder eines fahrenden Schülers, S. 73.

Die Cacteen, deren Blattanlagen nur in der Blüthe zur Ausbildung kommen, besitzen eine grüne, sehr mächtig entwickelte Rinde. Diese Rinde versieht den Dienst des Blattes und kann ihn auch versehen; ihre Oberhaut, wie ihre thätigen Zellen überhaupt, entsprechen dem Blattgewebe anderer Pflanzen.

Die Samenlappen des Keimes entwickeln sich aus der anfänglich kugeligen oder länglich runden Axe des letzteren, die nach der einen Seite mit der Stammknospe, nach der anderen Seite mit der Wurzelknospe endigt und früher als das Blatt (der Samenlappen) vorhanden ist. Alle folgenden Blätter entstehen unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe und aus keinem anderen Theil der Pflanze, auch die Wurzelspitze, deren Vegetationspunkt eine Wurzelhaube deckt, kann kein Blatt entwickeln.

Das Blatt tritt sowohl seiner Funktion als seiner Stellung nach verschieden auf, wir können folgende Arten annehmen.

1. Keimblätter oder Samenlappen (Cotyledones), aus der Axe des Keimes entstanden und vor der Keimung des Samens vorhanden.

2. Laubblätter (Folia), wie die folgenden Arten unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe entstanden. Meistens grün gefärbt, bilden dieselben, längere Zeit am Stamm verbleibend, den Blätterschmuck der Pflanze. Nach der Stellung der Laubblätter an der Pflanze unterscheidet man Wurzelblätter (Folia radicalia), Stengelblätter (Folia caulina), und Deckblätter der Blüthe (Bracteae). Die Wurzelblätter stehen der Wurzel nahe, die Stengelblätter umgeben den von der Wurzel entfernteren Theil einer Pflanze; das Deckblatt trägt in seiner Achsel eine Blüthenknospe. Diese drei Unterarten der Laubblätter sind oft an einer und derselben Pflanze der Gestalt nach verschieden.

3. Nebenblätter (Stipulae), kleine Blätter oder Blattanhänge, deren je eins zur Seite des Laubblattes steht und nicht selten mit dem Blattstiel des letzteren verwachsen ist. Sie sind nicht allen Pflanzen eigen, fallen in der Regel frühzeitig ab und

haben zunächst für die Knospe Bedeutung, indem sie bei der ruhenden Knospe als Deckschuppen auftreten (bei der Eiche), während da, wo Nebenblätter fehlen, wenn sich die Knospe schließt, die Anlage des Laubblattes selbst als Deckschuppe verwerthet wird (bei der Roßkastanie).

4. Zur Blüthe gehörige Blätter (Phylla). Dieselben werden nach ihrer Stellung und Ausbildungsweise als Blüthenhüllblätter (Phylla perigonii), als Kelchblätter (Sepala), als Blumenblätter (Petala), als Staubfäden (Stamina) und als Fruchtblätter (Carpella) beschrieben. Die Blüthenhüllblätter bilden, in der Regel in zahlreichen Kreisen vorhanden, eine Blüthenhülle; das Becherchen der Eichenfrucht, der schuppige Hüllkelch der Distelarten u. s. w. entsteht durch selbige. Die Kelchblätter, meistens grün gefärbt, bilden den ersten, oder wenn mehrere grün gefärbte Kreise vorhanden sind, die ersten Blätterkreise der einzelnen Blüthen. (Die fünf ersten grün gefärbten Blättchen der Blüthe des Vergißmeinnicht (Myosotis); einen doppelten Kelch besitzen die Malvenarten.) Die Blumenblätter, farblos oder farbig, bilden den oder die folgenden Blattkreise (die fünf blau gefärbten Blätter des Vergißmeinnicht). Die Staubfäden entwickeln in den Zellen ihrer Blattfläche, welche sich deshalb ganz anders ausbildet, den Blüthenstaub, der auf eine bestimmte Weise, aus einer Spalte oder einem Loch, entlassen wird; sie folgen immer auf die Blumenblätter. Aus den Fruchtblättern endlich entsteht bei vielen Pflanzen der Fruchtknoten (bei der Kirsche aus einem Fruchtblatt), während sich bei anderen der Vegetationspunkt der Stammknospe, welche zur Blüthe wird, selbst zum Fruchtknoten umbildet (bei den Orchideen). Im Fruchtknoten entwickeln sich die Samenknospen, deren Knospenhüllen (Integumenta) als stengelumfassende Blätter mit fehlender Blattfläche zu betrachten sind.

Von der Blüthe und ihren Theilen werde ich im achten Abschnitt reden; hier beschäftigen uns von nun an die nicht zur Blüthe werdenden Blätter. Die Deckschuppen der Knospen sind, wie bereits erwähnt, entweder nicht ausgebildete Laubblätter oder Neben-

blätter, ich kann sie deshalb nicht als eine besondere Blattart aufführen.

Die Gestalt der Laubblätter ist sehr mannigfach und schwer unter allgemeine Begriffe zurückzuführen. Zunächst muß man zwischen einfachen und zusammengesetzten Blättern unterscheiden. Einfach ist ein Blatt, wenn ein Blattstiel nur eine einzige Blattfläche trägt, zusammengesetzt, wenn ein Blattstiel mehrere Blattflächen vereinigt. Ein zusammengesetztes Blatt kann gefingert oder gefiedert sein; gefingert (folium palmatum), wenn sein Blattstiel, der Hand gleich, mehrere Blattflächen um einen Punkt versammelt; gefiedert (folium pinnatum), wenn sein Blattstiel, der Feder ähnlich, zu beiden Seiten Blattflächen trägt (bei der Acacie, dem Nußbaum u. s. w.). Das gefiederte Blatt kann doppelt und einfach gefiedert auftreten; doppelt gefiedert, wenn sich sein Blattstiel verzweigt und dessen Zweige wiederum gefiedert erscheinen, wie bei mehreren Umbelliferen. Außerdem giebt es der Zwischenformen viele.

Nicht immer zeigt sich ein wirklicher Blattstiel, d. h. ein dünner, walzenförmiger oder halbwalzenförmiger Grundtheil, welcher als Uebergangsglied des Stammes zur Blattfläche dient. Die Blätter vieler Pflanzen sind ungestielt, sitzend, (folia sessilia) (bei den Orchideen, den Gräsern u. s. w.).

Wie der Grundtheil des Blattes sich zum Stamm verhält, ob er ihn ganz, halb oder nur zum kleinen Theil umfaßt, wird für die Blattstellung, so wie für die beschreibende Botanik sehr wichtig. Die Laubblätter der meisten Monocotyledonen sind bei ihrem Entstehen stengelumfassend; der ganze Umkreis des Vegetationspunktes wird hier zur Bildung eines Blattes verbraucht. Dagegen bilden sich bei der Mehrzahl der Monocotyledonen drei Blüthenblätter auf gleicher Höhe. Die Basis des Blattstieles, oder wenn der letztere fehlt, die Basis des Blattes, ist in den meisten Fällen mit einer kleinen Anschwellung, dem sogenannten Gelenk, versehen. Diese Anschwellung ist in der Regel heller gefärbt als der übrige Theil des Blattstieles. Durch das Blattgelenk werden die Blätter

später abgeworfen. Das Gewebe besteht hier aus schwach verdickten, etwas tafelförmigen jugendlichen Zellen; auch das Gefäßbündel ist in Bezug auf die Ausbildung seiner Zellen hier weniger als in den übrigen Theilen des Blattstiels oder der Blattfläche entwickelt. Im Allgemeinen betrachtet man als zusammengesetzte Blätter nur solche, welche für jedes Blättchen ein Gelenk besitzen und deshalb jedes Blättchen für sich abwerfen können, z. B. das Blatt der Roßkastanie, der Acacie und des Perückenbaumes (Rhus typhina), bei denen sowohl an der Basis des gemeinsamen Blattstiels, als auch an der Basis jedes einzelnen Blättchens ein solches Gelenk vorhanden ist. Die Roßkastanie und die beiden so eben genannten Bäume verlieren häufig ihre einzelnen Blättchen. Der nackte Blattstiel fällt alsdann für sich vom Stamm. Aber nicht alle einfachen Blätter besitzen ein Blattgelenk; ich nenne deshalb auch Blätter, welche ihre Einzelblättchen nicht abwerfen, zusammengesetzt. Blätter, denen ein solches Blattgelenk fehlt, werden entweder gar nicht oder nicht mit glatter Fläche abgeworfen. Wir sehen das erstere an den Deckschuppen der Knospen unserer Coniferen. Während die Nadel der Tanne und Fichte ein sehr deutliches Blattgelenk besitzt, fehlt dasselbe den Deckschuppen derselben Bäume; die Nadeln fallen ab, sobald sie ein bestimmtes Alter erreicht haben, eine Korkbildung überzieht die Blattnarbe; die Deckschuppen bleiben dagegen stehen, sie bilden den oftererwähnten Schuppenansatz.

Ist das Blattgelenk sehr groß und bleibt nach dem Abwerfen des Blattes ein hervorragender Theil desselben stehen, so kann es als Blattkissen oder Blattpolster bezeichnet werden. Ein solches Blattkissen besitzt unsere Fichte, ihre Nadel wird nicht, wie bei der Tanne, dicht am Stamme abgeworfen. Die hervorragenden Narben abgeworfener Wedel baumartiger Farrenkräuter kann man als Wedelkissen bezeichnen.

Die Gestalt der Blattfläche der Laubblätter ist nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, es giebt runde, eiförmige, lanzettförmige, herzförmige, pfeilförmige aber auch linienförmige Blätter ic.,

desgleichen sowohl unzählige Zwischenformen der genannten Gestalten als auch zahlreiche Uebergänge vom zusammengesetzten zum einfachen Blatte. Nach der Art des Randes, ob letzterer glatt, d. h. nicht gezähnt, gekerbt oder ausgerandet ist, ferner ob die Blattfläche einfach, d. h. nicht getheilt ist, oder ob selbige fingerförmig oder fiederartig getheilt ist, ändert sich die Bezeichnung der Blattgestalt für die beschreibende Botanik. Die Beschaffenheit der Oberfläche, ob selbige glatt, glänzend oder behaart ist, so wie die Art der Behaarung, kommt nicht minder in Betracht. Der Verlauf der Gefäßbündel, welcher die Nervatur des Blattes bestimmt, ist ebenfalls zur genauen Beschreibung eines Blattes nothwendig. Die Stärke der Blattfläche selbst, so wie deren derbe oder zarte Beschaffenheit u. s. w. verdienen ebenfalls erwähnt zu werden.

An unseren Bäumen können wir der Blattformen manche studiren. Unsere Nadelbäume bilden meistens nadelförmige Blätter; Thuja, der Baum des Lebens, und Ephedra, ein kleines strauchartiges Gewächs der Alpen, besitzen schuppenartige Blätter; Salisburia und Dammara, in den Tropen zu Hause, sind mit flächenartigen Blättern versehen. Die Blätter der Araucaria-Arten verlassen schon die Nadelform.

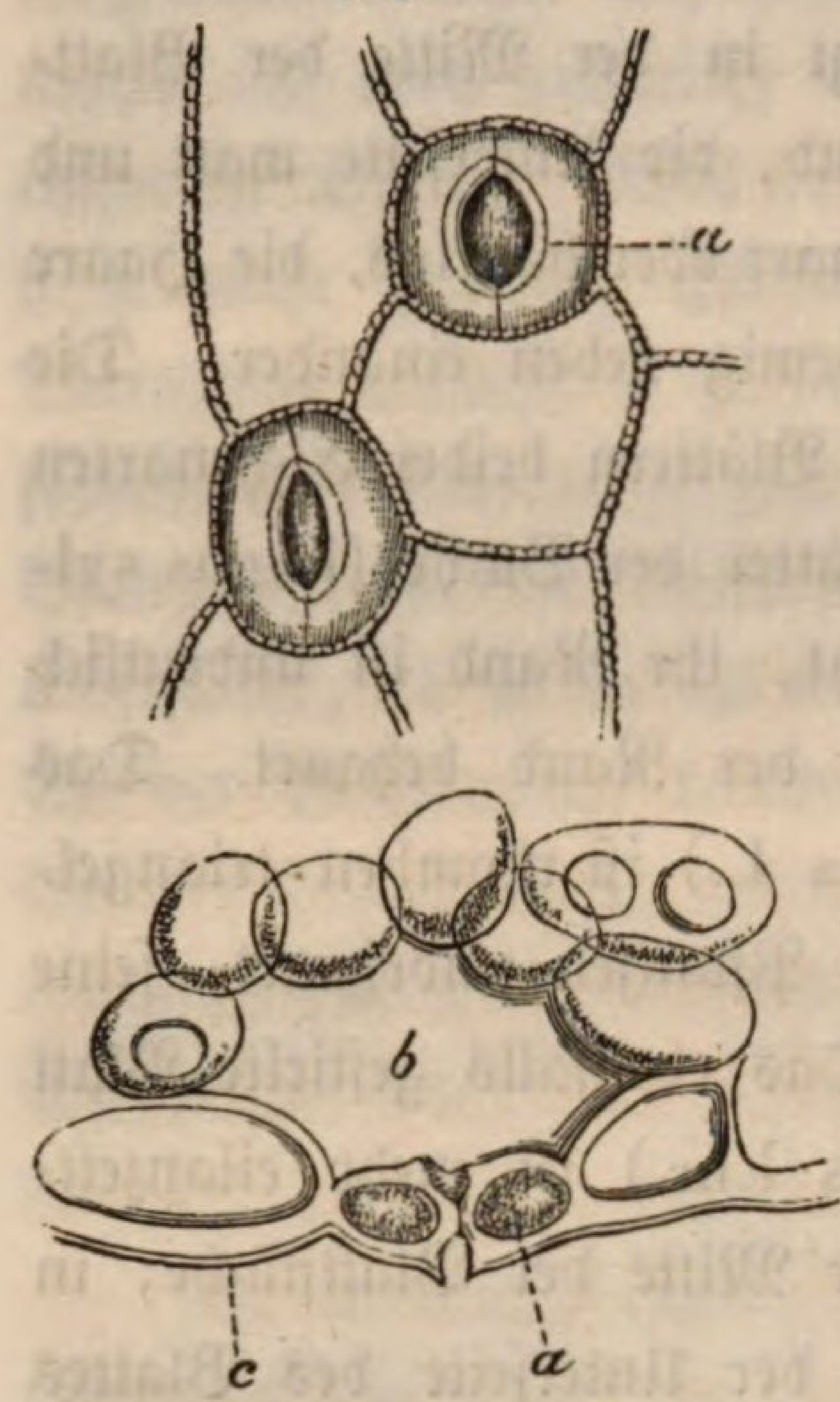
Die Nadel der Tanne (Abies pectinata) ist flach, in der Mittellinie vertieft, an der Spitze leicht gekerbt; die Oberseite ist glänzend, die Unterseite dagegen mit zwei silberweißen Längslinien bezeichnet (Taf. 1, Fig. 9). Die Nadel der Fichte (Picea vulgaris Link) ist, gleich der Lerchennadel, auf dem Querschnitt fast viereckig (Taf. 2, Fig. 23), sie endigt stumpf und ist nicht gekerbt. Die Doppelnadel der Kiefer (Pinus sylvestris) erscheint auf dem Querschnitt als Halbkreis (Fig. 2, Taf. 16), sie endigt mit einer Spitze, ihr Rand ist gezähnt. — Das Blatt der Stieleiche (Quercus pedunculata) ist kurz gestielt, fast sitzend, die Blattfläche länglich eiförmig, tief ausgerandet, dieselbe bildet zu jeder Seite des Blattstiels ein Oerchen. Die größte Breite des Blattes dieser Eichenart liegt seiner Spitze näher. Das Blatt der Traubeneiche (Quercus

sessiliflora) ist länger gestielt, eiförmig, weniger tief ausgerandet, ohne Oerchen, seine größte Breite liegt in der Mitte der Blattfläche. Die Oberseite beider ist glänzend, die Unterseite matt und nach den Standorten entweder fein behaart oder haarlos, die Haare stehen zu vier, seltener zu zwei, sternförmig neben einander. Die Hauptseitennerven verlieren sich bei den Blättern beider Eichenarten in die Lappen der Blattfläche. Die Blätter der Buche (Fagus sylvatica) sind gestielt, eiförmig, zugespitzt, ihr Rand ist undeutlich gezähnt, ihre Oberfläche ist glänzend, der Rand behaart. Das gestielte Blatt der Weißbirke (Betula alba L.) ist rhomben-triangelförmig, doppelt sägezähnig, bei älteren Pflanzen unbehaart, seine größte Breite liegt nahe der Basis. Das ebenfalls gestielte Blatt der behaarten Birke (Betula pubescens Ehr.) ist mehr eilanzettförmig, seine größte Breite liegt in der Mitte der Blattfläche; in den Achseln der Hauptseitennerven an der Unterseite des Blattes immer Behaarung. Das Blatt der Schwarzerle (Alnus glutinosa) ist beinahe rund, an der Spitze gestutzt, die Unterseite ist in den Achseln der Hauptseitennerven behaart; der Rand ist doppelt gezähnt. Die Blätter der ächten Kastanie (Castanea vesca) sind lang lanzettförmig und tief gezähnt. Die Blätter vieler Weiden-Arten erscheinen dagegen lineal-lanzettförmig. Die Ahorn-Arten haben fingerförmig tief ausgerandete Blätter.

Die ersten Blätter der keimenden Pflanze, die sogenannten Plumula-Blättchen, sind von den Blättern des erwachsenen Baumes oftmals der Gestalt nach verschieden. Die Weißbirke hat im ersten Lebensjahre dicht behaarte, später dagegen glatte, haarlose Blätter.

Für die physiologische Betrachtung wesentlicher als die äußere Form ist der innere Bau der Blätter, derselbe ist nach dem Medium, in welchem das Blatt leben soll, durchaus verschieden. Die untergetauchten Blätter einer Wasserpflanze sind anders gebaut als die schwimmenden, die in der Luft vegetirenden Blätter zeigen wiederum einen anderen Bau. Alle untergetaucht lebenden Blätter haben eine Oberhaut ohne Spaltöffnungen, allen schwimmenden

Fig. 45.



Blättern fehlen dieselben an der Unterseite. Die in der Luft vegetirenden Blätter besitzen wohl immer auf der einen, seltener auf beiden Seiten Spaltöffnungen (Fig. 45).

Nach dem Vorkommen der Spaltöffnungen an einer oder an beiden Seiten richtet sich die Anordnung der Nahrungszellen im Blatte. An der Seite, wo die Spaltöffnungen liegen, ist das Nahrungsgewebe (Parenchym) immer lockerer angeordnet; größere oder kleinere Luftlücken finden sich zwischen den Zellen (Taf. 5, Fig. 16), während die andere Seite der Blattfläche, deren Oberhaut keine Spaltöffnungen besitzt, aus einem dichteren, regelmäßigeren Gewebe besteht. Blätter, welche an beiden Seiten Spaltöffnungen führen, zeigen diesen Gegensatz in der Anordnung des Blattgewebes nicht. Der Querschnitt der Tannennadel (Taf. 1, Fig. 9) ist schon hierdurch vom Querschnitt der Fichtennadel (Taf. 2, Fig. 23) verschieden. Die Tannennadel hat nur an der Unterseite in den beiden parallelen, silberweißen Längsstreifen Spaltöffnungen; die Fichtennadel besitzt dagegen an allen vier Seiten schmälere Längsstreifen, in denen die Spaltöffnungen liegen. Die Nadel des Wachholders zeigt nur an der Oberseite, in dem einzigen silberweißen Längsstreifen Spaltöffnungen. Die Blätter der Eiche, Buche, Birke und Erle führen die letzteren allein an ihrer Unterseite. Zahlreiche Blattuntersuchungen aus den verschiedensten Abtheilungen des Pflanzenreichs bestätigen mir, was ich so eben über den Bau der Blät-

Fig. 45. Die mit Spaltöffnungen versehene Oberhaut der Unterseite des Blattes der Bocks-Orchis (Hymantoglossum) von oben und als Querschnitt gesehen. a Die Spaltöffnung. b Die Athemhöhle. c Eine Zelle der Oberhaut. (Vgl. S. 36.)

ter im Allgemeinen gesagt. — Die Oberhaut, oder diejenigen Partien derselben, welche Spaltöffnungen besitzen, sind in der Regel matter oder gar weißlich gefärbt, die zwischen den Zellen des Blattparenchyms vorhandene Luft bewirkt diese Färbung.

Eine vollständige Entwickelungsgeschichte des Blattes der Erle lehrte mich die Entstehung der Blattnerven. Das Erlenblatt erscheint anfänglich zwischen seinen Nebenblättern, die mit ihm auf gleicher Höhe unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe auftreten, als zelliges Wärzchen. Das Laubblatt gleicht anfänglich den Nebenblättern, letztere erscheinen bald darauf größer als das Laubblatt, sie wölben sich von ihrer Basis aus, das Laubblatt erhebt sich zwischen ihnen. Von der Basis ausgehend, entsteht der Mittelnerv, er verliert sich allmälig unter der Spitze des Blattes. Das Gewebe der Blattspitze stirbt ab, es wächst nicht weiter. Zu beiden Seiten des Mittelnervs entwickelt sich jetzt die Blattfläche; es bilden sich die stärkeren Zähne des Randes der letzteren. Nach jedem Zahn verlaufen bald darauf, vom Mittelnerv ausgehend, die ersten Seitennerven, welche unter jedem Zahn, dessen zartes farbloses Gewebe bereits abgestorben ist, endigen. Mit der Entstehung der ersten Seitennerven (Hauptseitennerven) wächst die Blattfläche in die Breite, ihr Rand bildet Zähne zweiter Ordnung, es entstehen, und zwar an den Seitennerven der Basis des Blattes zuerst, Seitennerven zweiter Ordnung, die wiederum in jedem neu entstandenen Zahne zweiter Ordnung endigen. Das Blatt erscheint jetzt kurz gestielt. Mit und zwischen den nunmehr entstandenen Seitennerven erster und zweiter Ordnung wächst das Blattgewebe, während sich wiederholt jetzt immer schwächer werdende Nerven als Zweige der früher entstandenen bilden. Die zuletzt entwickelten zarteren Nerven treffen oftmals im Blattgewebe auf einander und verwachsen, sogenannte Anastomosen bildend, mit einander. Jedes von Nerven, d. h. von verzweigten Gefäßbündeln durchzogene Blatt, hat demnach, wie Griesebach sehr richtig angegeben, mehrere Fortbildungspunkte, es wächst nicht an seiner Basis allein, wie es

Schleiden angenommen, seine Spitze ist dagegen, wie der letztere sehr richtig beobachtet, in allen mir bekannten Fällen, der älteste Theil. Die Spitze des Blattes scheint sich genau so zu verhalten, wie die Zähne des Blattrandes überhaupt; selbige entstehen früher als das Gefäßbündel, welches zu ihnen verläuft; ihr Leben ist jedoch sehr bald beendigt. Die meisten Blattzähne sind, bei genauer Betrachtung, ihrer abgestorbenen Zellen wegen, braun gefärbt. — Die Entwickelung des Blattes der Buche und Weide erfolgt in ähnlicher Weise, auch hier entsteht zuerst eine zellige Erhebung, darauf in ihr der Mittelnerv, dann bilden sich, von letzterem ausgehend, die Hauptseitennerven u. s. w. Für die Zähne dieser Blätter gilt, was ich vom Erlenblatt gesagt*).

Die Nadeln unserer Zapfenbäume zeigen die einfachste Nervnatur; ein centrales Gefäßbündel, welches genau genommen, aus zwei getrennten, parallel neben einander verlaufenden Gefäßbündeln besteht, durchzieht, ohne Seitennerven zu bilden, die Nadel. Bei der Kiefer liegen diese Gefäßbündel ziemlich weit von einander entfernt (Taf. 2, Fig. 16y). Die Mehrzahl der monocotyledonen Pflanzen besitzt Blätter mit mehreren parallelen Hauptnerven.

Bei den meisten Blättern mit verzweigten Nerven erscheinen die letzteren farblos oder gelblich gefärbt zwischen den grün gefärbten Theilen der Blattfläche (Taf. 3, Fig. 9). Das Blattgrün, welches die grüne Färbung veranlaßt, fehlt, wie überall im Gefäßbündel, so auch hier in den Blattnerven. Die Oberhautzellen über den letzteren sind gleichfalls bei solchen Blättern (Eiche, Buche, Erle, Birke) anders geformt (Taf. 5, Fig. 17 u. 18), es fehlen die Spaltöffnungen. Die Gestalt der Oberhautzellen selbst ist nach den Pflanzen sehr mannigfaltig. Wenn die Blattnerven von einem mit Blattgrün erfüllten Nahrungsgewebe überdeckt sind, so fallen dieselben weniger in die Augen, die Anordnung der Oberhaut-

*) In einer spezielleren Bearbeitung der Waldbäume werde ich die betreffenden Abbildungen, welche hier des Raumes halber nicht gegeben werden konnten, mittheilen.

zellen wird alsdann nicht durch sie verändert. (Als Beispiel die Fettpflanzen.)

Nach der Art der Nervnatur wird sich die Fortbildung der Blattfläche richten. Ob die Fortbildungsweise der Gefäßbündel oder des Parenchyms, in dem selbige liegen, das Bedingende, Ursprüngliche ist, läßt sich schwer entscheiden.

Wenn das abgefallene Blatt verwest, so erhalten sich seine Nerven durch ihre verholzten Zellen ungleich länger; wir finden nicht selten die schönsten, zierlichsten Präparate solcher Blätter, durch Fäulniß entstanden.

In der Basis des Blattstiels der von mir untersuchten Laubbäume findet man, mit Ausnahme der Roßkastanie, auf dem Querschnitt drei getrennte Gefäßbündel, die als solche aus dem Stamm ins Blatt hinübertreten; die Bastpartie dieser Bündel liegt natürlich immer der Unterseite des Blattstieles zugewandt. Die drei Bündel zerklüften sich in ähnlicher Weise, wie sich das Gefäßbündel der Pflanzen im Holzring zerklüftet. Die Stellung der durch wieder holte Theilung der drei ursprünglichen Gefäßbündel entstandenen zahlreichen, entweder getrennten oder vereinigten Gefäßbündelgruppen ist nach den verschiedenen Bäumen und nach der Höhe, in welcher man den Querschnitt durch den Blattstiel oder den Mittelnerv der Blattfläche führt, verschieden. Bei der Roßkastanie entspricht die Zahl der in den Blattstiel eintretenden Gefäßbündel jederzeit der Zahl der Einzelblätter des zusammengesetzten Blattes; sind fünf Einzelblätter vorhanden, so findet man an der Basis des gemeinsamen Blattstiels fünf getrennte Gefäßbündel u. s. w.

Verfolgt man die Entwickelungs- und Fortbildungsweise der Blattfläche, so zeigen sich bei verschiedenen Pflanzen große Verschiedenheiten. Das gefingerte oder gefiederte Blatt entsteht, indem sich unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe neben einander die einzelnen Blattflächen erheben. Die mittelste Blattfläche der Roßkastanie und der Rose bildet sich zuerst als kleine Erhebung unter dem Vegetationspunkt, darauf entsteht nach beiden Seiten

eine ganz ähnliche Erhebung, die Anlage der beiden ersten Fiederblättchen; dann folgen in gleicher Weise die Anlagen der übrigen Fiederblättchen. Jede dieser Blattflächen wächst wie ein einfaches Blatt, ihre Spitze stirbt zuerst ab, der Mittelnerv entsteht zuerst, die Seitennerven bilden sich, von ihm ausgehend; die Zähne der Blattfläche sterben, wie die Spitze der letzteren, frühzeitig ab u. s. w. Das späterhin gefiederte Rosenblatt ist anfangs gefingert, seine schon ziemlich großen Blattflächen liegen in der Knospe wie die Finger einer menschlichen Hand neben einander, der Blattstiel ist um diese Zeit kurz, aber ziemlich dick. Für das junge Blatt der Roßkastanie gilt dasselbe.

Jetzt beginnt die Ausbildung des Blattstiels. Bei der Roßkastanie verlängert sich nur der untere Theil des letzteren, die Einzelblätter behalten deshalb ihre ursprüngliche Stellung, das Blatt wird gefingert. Bei der Rose verlängern sich dagegen auch die zwischen den Einzelblättchen befindlichen Theile des Blattstiels; die ursprünglich dicht über einander entstandenen Blättchen werden, wie die Stengelglieder der Knospe, bei der Ausbildung eines Zweiges (S. 86), von einander gerückt, das ursprünglich gefingerte Rosenblatt wird gefiedert. — Sehr tief fingerförmig getheilte Blätter, z. B. der Gastonia, entstehen auf ähnliche Weise; die fingerförmigen Lappen, welche gewissermaßen den Einzelblättern der Roßkastanie entsprechen, treten wie diese nach einander unter dem Vegetationspunkt hervor, ihre Theilung unterbleibt aber später. Die Blattflächen, welche anfänglich als Einzelblätter hervortreten, bleiben deshalb am Grunde des Blattstiels, der sich, wie bei der Roßkastanie, bald darauf erhebt, vereinigt. Bei einigen anderen Pflanzen sehen wir den directen Uebergang vom zusammengesetzten gefingerten Blatt zum einfachen tief fingerförmig getheilten Blatte.

Die Entwickelungsgeschichte der Blüthe lehrt uns dasselbe Verhältniß; die sogenannten verwachsenen Blüthenblätter entstehen gleich den nicht verwachsenen anfänglich als kleine Erhebungen in bestimmter Anzahl unter dem Vegetationspunkt der Knospe, welche

zur Blüthe wird, ihre Spitzen sind so gut getrennt wie die der nicht verwachsenen Blumenblätter; später unterbleibt bei ersteren die Trennung, welche bei den anderen fortdauert. Man kann demnach streng genommen nicht von verwachsenen, wohl aber von nicht getrennten, Blumenblättern reden. Die Entwickelungsweise des gefingerten oder gefiederten Laubblattes unterscheidet sich von der Entwickelungsweise der Kelch- oder Blumenblätter einer Blüthe nur durch das Hervortreten der einzelnen Blattflächen der zusammengesetzten Blätter nach einander, während bei der Blüthe sämmtliche Theile eines Kreises gleichzeitig angelegt erscheinen. — Das Rosenblatt ist mit Nebenblättern versehen, welche, wie es scheint, früher als die einzelnen Blättflächen des gefiederten Blattes entstehen.

Das große, schöngeformte, geschlitzte und durchlöcherte Blatt gewisser Aroideen (Monstera) ist anfangs ganzrandig und ohne Löcher; darauf bleiben sowohl am Rande als an bestimmten Stellen der Blattflächen Partien in der Fortbildung zurück, in Folge dessen entstehen allmälig Löcher, desgleichen tiefe Ausbuchtungen des Randes. — Die Blätter der Palmen sind anfänglich ungetheilt, später werden sie fächerförmig (Chamaerops, Thrinax, Corypha, Latania) oder gefiedert (Chamaedorea, Phoenix, Astrocacyum ꝛc.). Sowohl das fächerförmige als das gefiederte Palmenblatt ist anfänglich der Länge nach zusammengefaltet; beim fächerförmigen Blatte endigt der Blattstiel da, wo die Blattfläche anfängt, beim gefiederten verläuft derselbe durch die ganze Blattfläche, selbige in zwei seitliche Hälften theilend. Das später fächerförmige Blatt der Chamaerops, der Latania u. s. w. zerspaltet von der Spitze her; seine Blattfläche zerreißt strahlenförmig; bei Latania burbonica erfolgt das Zerreißen nur bis zur Hälfte der Blattfläche. Die Blattfläche des später gefiederten Blattes der Chamaedorea zerschlitzt sich dagegen, indem der Blattstiel an bestimmten Stellen fortwächst, vom Blattstiel aus, in schmale Fiederblättchen. Durch die Verlängerung des Blattstiels werden dieselben in ähnlicher Weise von einander entfernt, als die anfangs genäherten Einzel-

blätter der Rose, welche gleichfalls erst durch eine Verlängerung des Blattstiels von einander rücken. Die Pisang-Arten (Musa) zerschlitzen ihre sehr großen Blätter, freilich erst sehr spät, in ähnlicher Weise als die gefiederten Palmen; die sehr unregelmäßigen Lappen rücken nicht von einander, das Blatt ist, wenn es sich zerschlitzt, schon seinem Absterben nahe.

Die Wedel der Cycadeen lassen sich nicht als zusammengesetzte, gefiederte Blätter betrachten; es sind Zweige mit begrenztem Wachsthum; unter ihrem Vegetationspunkt selbst entstehen die einzelnen Blätter (Fiederblättchen) des Wedels; die untersten Blätter des letzteren sind die ältesten, die obersten Blätter sind die jüngsten. Der Vegetationspunkt des Wedels stirbt auf verschiedene Weise ab, z. B. als stumpfes, von braunen Schüppchen bedecktes, Ende (bei Zamia muricata), als grüngefärbte Spitze (bei Cycas); bisweilen endigt er in Blattgestalt. Für den Wedel der Farrenkräuter scheint mir dasselbe zu gelten; ich halte den Wedel selbst für einen Zweig; die Fiederblättchen (z. B. bei Asplenium Trichomanes) entsprechen, meiner Ansicht nach, den Blättern. Die jungen Wedel der Cycadeen und der Farrenkräuter sind an ihrer Spitze gleich einer Uhrfeder aufgerollt. Der Sprung vom Cycadeenwedel zum zusammengesetzten Blatt, etwa dem Fiederblatt der Acacie, ist vielleicht nicht so groß als er scheinen möchte. Eine genaue Entwickelungsgeschichte beider, welche ich leider nicht besitze, wäre jedenfalls von hohem Interesse.

Das eine Kanne tragende Blatt der Nepenthes-Arten (in unseren Treibhäusern bekannt) entwickelt, wie alle Blätter, seine Spitze zuerst, darauf entsteht die von einem starken Mittelnerv durchzogene eigentliche Blattfläche, der Mittelnerv tritt über letztere stielartig hervor. Der stielartige Theil, welcher die vertrocknete, behaarte Spitze, den zuerst entstandenen Theil, des Blattes trägt, wird, wahrscheinlich durch Resorption bestimmter Zellen, hohl. Die Höhlung, anfänglich klein, wird nach und nach größer, ganz allmälig entsteht die oftmals 3 — 4 Zoll lange Kanne mit ihrem Deckel. Der letztere löst sich später, durch Austrocknen bestimmter Zellen,

welche den wulstförmigen Rand der Kanne von ihrem Deckel scheiden, und zwar so, daß derselbe nur an der ursprünglichen Spitze des Blattes mit der Kanne verbunden bleibt. Noch ehe sich der Deckel löst, füllt sich die Kanne mit einer klaren wässrigen Flüssigkeit, welche ein papillöses Gewebe ihrer Innenfläche ausscheidet. — Cephalotus, eine kleine neuholländische Pflanze, trägt ähnliche, jedoch viel kleinere, kannenförmig ausgebildete Blätter.

In seltenen Fällen wird die Anlage eines Blattes dornartig ausgebildet. Die drei Dornen (Spinae), in deren Achsel der Blätterbüschel der Berberitsche (Berberis vulgaris) entspringt, sind aus der Anlage eines Blattes hervorgegangen; die untersten Blattanlagen am Wedel von Cycas werden gleichfalls stachelartig ausgebildet. — Ob die Ranke (Cyrhus) in allen Fällen einem Blattstiel entspricht, dessen Blattfläche nicht entwickelt wurde, ist erst genauer zu erforschen. Viele kletternde Pflanzen, z. B. der Weinstock, die Zaunrübe (Bryonia) sind mit Ranken versehen.

In den Gefäßbündeln der Blattfläche, welche, wie wir gesehen, die sogenannten Nerven des Blattes bilden, finde ich überall nur Spiral- oder Ringgefäße. Mir scheint das Vorkommen derselben mit der Entwickelungsweise der Blattfläche im Zusammenhang zu stehen; getüpfelte Gefäße scheinen sich überall nur da zu bilden, wo die Verlängerung eines Theiles bereits aufgehört hat.

Auf der Oberhaut der Blätter erscheinen verschiedene Neben-Organe, als Haare, Schuppen, Drüsen u. s. w. Die Haare (pili) aus verlängerten Oberhautzellen entstanden, sind entweder einfach oder verzweigt, einzellig oder mehrzellig. Sie scheinen bestimmt, die Oberfläche der Blätter zu vermehren und letzteren noch mehr Berührungspunkte mit der Atmosphäre zu gewähren. Die Haare sterben bisweilen ab, manches Blatt ist in seiner Jugend behaart; (das Blatt der Roßkastanie innerhalb seiner Knospe, später ist es haarlos). — Schuppen (squamae) sind Haargebilde aus mehreren Zellen bestehend, die flächenartig ausgebreitet von einer kürzeren oder längeren Stielzelle getragen werden. Der silberweiße,

glänzende Ueberzug der Blätter und Zweige des Sanddorns (Hippophaë) und des Oleasters (Elaeagnus) besteht aus solchen Schuppen; denselben scheint die Function der Haare zugetheilt. Die Blätter der Tillandsia-Arten, desgleichen Rhododendron hirsutum, sind mit Schuppen bedeckt; selbige scheinen hie und da als Secretionsorgane zu dienen und so den Uebergang von der Schuppe zur Drüse zu bilden. Drüsen (glandulae) endlich sind zellige, als Gruppen auftretende Auswüchse der Oberhaut, welche flüssige Stoffe ausscheiden. Das Blatt und die junge Rinde der Birke ist mit ihnen übersäet, sie sondern hier ein klares, sprödes, weißes Harz (das Betulin) in Menge ab; diese Harzdrüsen bekleiden gleichfalls die Blüthen der Birke. Die Blätter der Erle bereiten in ähnlich gebaueten Drüsen einen in Wasser löslichen, klebrigen, süß aber zugleich widerlich bitter schmeckenden Stoff; die klebrige Beschaffenheit der Knospen und jungen Zweige unserer Erle beruht auf dieser Secretion, bei älteren Blättern vertrocknen die Drüsen. Das Blatt des Quedel (Thymus Serpyllum) bereitet in ähnlichen Drüsen ätherische Oele.

In den Blättern vieler Wassergewächse findet man größere, oft sehr regelmäßig gestellte, mit Luft erfüllte, kanalförmige Räume, Luftkanäle. In Blättern, die an der Luft wachsen, sind mir derartige Luftkanäle, welche unsere Seerosen (Nymphaea) u. s. w. besitzen, nicht bekannt. Verzweigte, haarförmige Zellen der Umkleidung des Luftkanals ragen bei Nymphaea und Victoria haarin dessen Höhlung hinein.

Die Harzgänge im Blatt und in der Rinde der Nadelhölzer sind ähnliche, jedoch von einer secernirenden Zellenschicht umgränzte Luftkanäle (Taf, 6, Fig. 8), in selbigen wird das Harz zuerst als flüssiges Oel ausgeschieden; das ätherische Oel verharzt durch Aufnahme von Sauerstoff. Im Harzgang der ganz jungen Tannennadel findet man ein sehr aromatisch riechendes Oel, die älteren Nadeln desselben Baumes enthalten ein dickflüssiges aromatisches Harz. — Die Tannen-, Fichten- und Lerchennadel besitzt nur zwei Harz-

gänge; die Doppelnadel der Kiefer hat dagegen nach der Kräftigkeit des Baumes mehr oder weniger (bis 24) Harzgänge; die Wachholdernadel besitzt nur einen einzigen Harzgang, unter ihrem Mittelnerv gelegen; die Nadel des Eibenbaums (Taxus) hat gar keine Harzgänge. Die durchscheinenden, mit ätherischem Oel oder Harz erfüllten Flecken auf dem Blatte der Citrus-Arten oder des Hypericum sind den Harzgängen der Nadelhölzer ähnlich gebaut; es sind runde Lücken im Blattparenchym, von zarten Zellen umgrenzt. Das Blattgewebe der Orange zeigt außerdem, zumal unter der Oberhaut der Oberseite, Zellen mit prächtig ausgebildeten Krystallen; selbige erinnern an die gestielten, abwärtshängenden Krystalldrusen unter der Oberhaut des Blattes von Ficus und anderer Urticeen.

Nebenblätter (stipulae) sind nicht allen Pflanzen eigen, sie fehlen überall, wo der ganze Umkreis der Stammknospe zur Bildung eines oder mehrerer Laubblätter verbraucht wird. Sie mangeln deshalb allen Pflanzen mit stengelumfassenden Blättern, ferner der Roßkastanie, dem spanischen Flieder (Syringa vulgaris), den Nadelhölzern u. s. w. Wir finden sie dagegen bei vielen Laubhölzern, z. B. bei der Eiche, wo sie pfriemförmig sind und bald abfallen; bei der Buche, wo sie als braungefärbte, vertrocknete, längliche Schuppen neben dem Blattstiel herabhängen; ferner bei der Birke, der Erle u. s. w. Die Nebenblätter besitzen in der Regel keine Gefäßbündel; ihre Oberhaut hat selten Spaltöffnungen, sie haben demnach eine andere Function als das Laubblatt; sie scheinen zunächst zum Schutze des letzteren in der Knospe bestimmt. In seltenen Fällen entwickeln sich die Nebenblätter der Buche, mehr dem Laubblatt entsprechend, sie bleiben alsdann grün und erhalten sich länger. Die Gestalt der Nebenblätter ist wie bei den Laubblättern sehr mannigfaltig; oftmals verwachsen dieselben mit dem Blattstiel der Laubblätter, so bei den Kleearten (Trifolium), bei der Rose u. s. w. Die Nebenblätter entstehen, wie bereits erwähnt, mit ihrem Laubblatt auf gleicher Höhe.

Ueber die Deckschuppen brauche ich nicht zu reden, von ihnen habe ich bei der Knospe bereits gesprochen (S. 86). Wo die Nebenblätter fehlen, werden die Laubblätter selbst, wenn sich die Knospe schließt, als Deckschuppen ausgebildet, im anderen Falle verkümmert das Laubblatt und die Nebenblätter entwickeln sich als Deckschuppen. Der Samenlappen habe ich bereits bei der Keimung (Abschnitt II) gedacht.

Die Stellung der Blätter am Stamm, mit der sich namentlich C. Schimper und A. Braun, desgleichen die Gebrüder Bravais beschäftigt haben, ist mehr oder weniger für jede Pflanze beständig, bei manchem Baum aber je nach der Art des Zweiges verschieden, z. B. beim Haupttrieb anders als am Seitentriebe. Braun und Schimper haben in der Blattstellung eine merkwürdige Regelmäßigkeit nachgewiesen; sie zählen bei abwechselnden Blättern sowohl die Blätter selbst als die Umgänge, welche eine Spirale um den Stamm oder Zweig gedacht, beschreiben müßte, um das Blatt zu erreichen, welches genau über demjenigen steht, von welchem die Zählung ausging. Steht z. B. das dritte Blatt über dem ersten und macht die Spirale nur einen Umgang um den Stamm, so nennen sie diese Stellung $^1/_2$; steht dagegen das vierte Blatt über dem ersten, ebenfalls bei einem Umgang der Spirale, so heißt die Blattstellung $^1/_3$; steht das sechste Blatt über dem ersten und macht die Spirale zwei Umgänge, so heißt sie $^2/_5$. Der Nenner bezeichnet hier die Zahl der Blätter, der Zähler die Zahl der Umläufe. Braun und Schimper fanden, daß folgende Bruchreihen am häufigsten in der Natur vertreten sind: $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$ u. s. w. und daß dieselben merkwürdiger Weise durch Addiren der Zähler und der Nenner der beiden vorhergehenden Brüche mit einander erhalten werden.

Nach der Bravaisschen Ansicht treten in der Blattstellung zweierlei Spiralen hervor, eine krummreihige, wo kein Blatt genau über dem anderen zu stehen kommt, z. B. bei der Erle (Taf. 5, Fig. 6), und eine gradreihige, wo ein bestimmtes Blatt genau

über einem anderen steht. Die Gebrüder Bravais glaubten für alle Spiralen einen einzigen constanten Divergenzwinkel gefunden zu haben.

Das Vorkommen einer verschiedenen Blattstellung und demnach einer verschiedenwerthigen Spirale bei derselben Pflanze, z. B. bei der Kastanie, deren Hauptzweige $^2/_5$, deren Seitenzweige $^1/_2$ Blattstellung besitzen, noch mehr das Vorkommen gegenständiger und abwechselnder Blätter an einer und derselben Pflanze (die keimende Buche bringt zuerst zwei gegenständige Laubblätter, später dagegen spiralig gestellte einzeln stehende Blätter) deuten auf den geringen Werth der Spirale als allgemeines Grundgesetz. Die genau gegenständige Blattstellung der Roßkastanie, des spanischen Flieders (Syringa) und anderer Pflanzen läßt sich auf keine Spirale zurückführen; die Entwicklungsgeschichte zeigt, daß hier immer zwei Blätter, einander gegenüberstehend, auf gleicher Höhe angelegt und entwickelt werden. Die ersten Laubblätter des Keimlings der Kastanie (Castanea) sind, wie bei der Buche, anfangs gegenständig, sie scheinen auf gleicher Höhe angelegt zu werden, die eine Seite des Stammes verlängert sich jedoch stärker als die andere, das eine Blatt steht alsbald höher als das andere; die Spiralstellung entsteht in diesem Falle allein durch überwiegende Ausdehnung der einen Seite des Stammes vor der anderen. Noch deutlicher erscheint dies bei der keimenden Wallnuß, wo die in zwei Längsreihen vorhandenen Axillarknospen durch eine ungleichseitige Verlängerung des Stammes, aus der anfangs gegenständigen Lage in eine abwechselnde Stellung versetzt werden (vgl. S. 78).

Die erste Ursache der gesetzmäßigen Blattstellung überhaupt liegt in der gesetzmäßigen Anordnung, nach welcher der Vegetationspunkt der Knospe unter sich Blätter bildet. Werden zwei oder mehrere Blätter gleichzeitig auf gleicher Höhe angelegt, und bleiben sie, weil sich der Stammtheil, welcher sie trägt, gleichmäßig verlängert, auf gleicher Höhe, so tritt keine Spirale hervor, letztere entsteht erst durch eine ungleichseitige Verlängerung des Stamm-

theils. Wo zu jeder Seite des Laubblattes ein Nebenblatt auftritt und alle drei zusammen den Umkreis der Stammknospe umfassen, wie bei der Eiche, Erle u. s. w. (Taf. 5, Fig. 6), da liegt die Anlage keines Laubblattes mit dem anderen auf gleicher Höhe; in der Knospe ist hier schon die Stellung vorhanden, welche das Blatt später einnehmen muß. — Warum die Blätter hier so regelmäßig angeordnet sind, wissen wir nicht. — Die mathematische Ausdrucksweise der Blattstellung, von Braun und Schimper mit großem Fleiß nachgewiesen, ist für die beschreibende Botanik von größter Wichtigkeit; auch die Richtung der Spirale, ob sie links oder rechts am Stamm aufsteigt, ist wohl zu beachten.

Die Gestalt des Markes steht bisweilen durch die Austrittsweise der Gefäßbündel aus dem Stamm ins Blatt mit der Blattstellung im Zusammenhang, so besitzt die Eiche ein fünfeckiges Mark (Taf. 5, Fig. 3x); sie hat $^2/_5$ Blattstellung, d. h. das sechste Blatt steht über dem ersten Blatte, eine Spirale umkreist vom ersten zum sechsten Blatt zweimal den Stamm. Das Mark des Birkenzweiges ist ungenau dreieckig, die Blattstellung ist unvollkommen $^1/_3$, d. h. das vierte Blatt steht nicht ganz genau über dem ersten, eine Spirale umkreist, vom ersten zum vierten Blatt gedacht, einmal den Stamm. Die aufwärts gerichteten Hauptzweige der ächten Kastanie haben $^2/_5$ Blattstellung, die mehr wagerecht liegenden Seitenäste tragen dagegen zweizeilig abwechselnde Blätter ($^1/_2$ Stellung). Das dritte Blatt steht über dem ersten, eine Spirallinie umkreist einmal den Stamm (Fig. 5, Taf. 1).

Am Stamm, noch mehr am Zapfen der Nadelhölzer erscheint die Spiralstellung der Blätter am ausgeprägtesten. Ein Zweig der Tanne, dessen Nadeln abgefallen, was leicht geschieht, sobald der Zweig vertrocknet, zeigt die Spiralstellung der Blätter wunderherrlich. Die Tanne keimt, wie wir im Abschnitt II gesehen, mit vier bis sieben Samenlappen; die Nadeln und Deckschuppen ihrer ersten Blattkreise stehen, an Zahl den Samenlappen gleich, mit einander auf gleicher Höhe; erst im zweiten Jahre der Pflanze tritt

die Spiralstellung auf. Bei der Fichte, die schon im ersten Lebensjahre einen $^{3}/_{4}$ bis einen Zoll langen Trieb macht, erscheint dieselbe früher. Die Zahl der Blätter für die Spiralen scheint mir bei den Nadelhölzern nicht immer dieselbe zu sein, sondern nach der Stärke und nach dem Stand des Astes zu ändern; am Haupttrieb der Tanne fand ich in der Regel andere Zahlen als am Aste. Ob die Zahl der Samenlappen, mit welchen eine Tanne keimt, auf die Zahl der Nadeln in ihren späteren Trieben Einfluß hat, wäre interessant, aber schwer und nur durch sehr zahlreiche vergleichende Versuche zu ermitteln. Am Zapfen der Nadelhölzer lassen sich mehrere Spiralen, sowohl nach rechts als nach links aufsteigend gedacht, natürlich von verschiedener Steigung und demnach von verschiedener Umlaufs- und Blätterzahl annehmen.

Wie die Stellung der Blätter am Stamm, so ist auch deren Richtung bei demselben Baum nach dem Theil, welcher sie trägt, verschieden. Die Tanne trägt am aufrechten Haupttrieb ihre Nadeln aufrecht rund um den Stamm, an den wagerecht liegenden Aesten und Zweigen dagegen wagerecht und zwar nach jeder Seite des Zweiges in zwei oder drei sich deckenden Reihen (zweizeilig) gerichtet, daher der Name Kammtanne (Abies pectinata). Die mehr aufgerichteten Blüthenäste desselben Baumes vermitteln gewissermaßen den Uebergang von der einen Blattlage zur anderen. Auch für die Fichte ändert sich die Blattlage nach der Richtung des Astes oder Zweiges; liegt der Zweig wagerecht, so stehen die Nadeln mehr zweizeilig, steigt er als Haupttrieb empor oder hängt er als schwacher Zweig, senkrecht herab, so stehen die Nadeln mit ihrer Spitze der Endknospe des Zweiges zugewandt, rund um den Stammtrieb, der sie trägt. Für Taxus, dessen Seitenzweige eine wagerechte zweizeilige Blattstellung haben, gilt dasselbe; alle aufwärts gerichteten Zweige desselben Baumes tragen ihre Nadeln rund um den Stamm abstehend.

Die Lage der Blätter zum Zweig gewisser Bäume ist demnach von der Richtung des Zweiges, welcher sie trägt, abhängig.

Bei der Kastanie sehen wir am aufwärts strebenden Ast eine andere Blattstellung als am mehr wagerecht liegenden Zweige; hier ändert sich die Blattstellung durch die Anlage der Blätter in der Knospe selbst, bei den Nadelhölzern ändert sich dieselbe durch die Richtung, welche die Nadeln bei ihrer Ausbildung annehmen. Im Allgemeinen erkennt man in der Lage der Blattfläche ein Streben derselben, ihre größte Fläche dem Licht zuzuwenden.

Das Blatt der einen Pflanze verlangt zum Leben mehr Licht als das Blatt der anderen. Ein Baum, dessen Blätter sich gewissermaßen decken, wie dies bei der Rothbuche, auch bei der Tanne und Fichte der Fall ist, bedarf weniger Licht als ein Baum, dessen Belaubung lichter ist, z. B. die Birke und die Kiefer. Beide können keine Beschattung vertragen. Die Kiefer verliert überall ihre Doppelnadeln, wenn selbige beschattet sind, sie verliert desgleichen die beschatteten Zweige; ihr Stamm ist, so weit ihn seine Krone überdeckt, astrein. Die Aeste und Zweige der Tanne und namentlich der Fichte, erhalten sich viel länger am unteren Theil des Stammes, auch ihre Nadeln fallen nicht so bald vom Zweige.

Wenn im Herbst die Blätter fallen, so trennen sie sich mit mehr oder weniger glatter Fläche vom Stamm, dies geschieht durch das Blattgelenk, von dem wir auf S. 149 gesprochen. In letzterem ist diese Grenze schon lange vorher mehr oder weniger scharf angedeutet; bei der Tanne und Fichte erkennt man dieselbe bereits im ersten Lebensjahre der Nadel. Das Blatt scheint nach der Baumart in verschiedener Weise abgeworfen zu werden. 1. Durch plötzliches Absterben der Zellen des Blattgelenks, durch Nachtfrost oder andere Ursachen veranlaßt, bei denjenigen Pflanzen, welche ihre Blätter bis zum Abwerfen grün erhalten, z. B. bei Syringa vulgaris, bei Platanus. 2. Durch allmäliges Aufheben der Saftcirculation zwischen Blatt und Stamm, durch eine Korkbildung im Blattgelenk veranlaßt. Die herbstliche Färbung der Blätter beruht wahrscheinlich auf dieser allmälig verminderten und zuletzt ganz gehemmten Saftcirculation zwischen Stamm und Blatt. Man findet die Blattnarben überall,

entweder durch abgestorbene oder verkorkte Zellen bedeckt. Die Blätter des Ahorns, der Birke, der Buche und der Eiche entfärben sich schon früh, aber nach der Lage des Standorts zu verschiedener Zeit; die Platane behält ihre Blätter sehr lange; bei der Lerche fallen sie nach dem ersten Nachtfrost. Die Kiefer trägt ihre Doppelnadeln drei, höchstens vier Jahre, die Tanne und Fichte behalten ihre Nadeln zehn bis zwölf Jahre. Der Gummibaum (Ficus elastica) unserer Blumentische trägt seine Blätter ebenfalls mehrere Jahre; der Buchsbaum, der Epheu, das Sinngrün (Vinca), die Mistel (Viscum album) u. s. w. behalten gleichfalls ihre Blätter.

Ob immer grüne Pflanzen auch im Winter wachsen, ist eine sehr natürliche Frage. — Für die Nadelbäume muß ich selbige verneinen. Sobald sich die Endknospe geschlossen, wächst kein Stamm, kein Zweig mehr in die Länge, wohl aber noch im Umfang. Mit dem Eintritt des Winters hört bei unseren Bäumen, die Nadelhölzer nicht ausgenommen, auch das Wachsthum im Umkreis auf; die Nadeln selbst färben sich im Herbste dunkler. Der Holztheil des Gefäßbündels der älteren Tannennadel zeigt keine Veränderung, keine Jahresringe, wie zu erwarten stände, wenn die Nadel überhaupt länger als eine Wachsthumsperiode für ihre eigene Ausbildung thätig wäre, dagegen scheint dieselbe als Ernährungs-Organ auch später für den Baum zu sorgen.

Das Blatt ist gewissermaßen das für die Atmosphäre und für die Einwirkung des Lichts bestimmte Organ der Pflanze, es wendet, wie wir gesehen, in den meisten Fällen seine größte Oberfläche dem Licht entgegen. — Wenn die Knospe im Frühling ihre Blätter entfaltet, so sind die letzteren schön gelb gefärbt, ihre Zellen enthalten körnige Stoffe, deren chemische Beschaffenheit schwierig zu ermitteln ist. Durch Einwirkung des Lichts färben sich die jungen Blätter grün. Der Spargel durchbricht mit schneeweißem Köpfchen das Erdreich, wenige Stunden über der Erde, erscheint dasselbe grün gefärbt. Hier wie bei den Blättern ändert die directe Einwirkung des Lichts den chemischen Prozeß der Zellen. Durch die Einwirkung,

des Lichts ändert sich gleichfalls des Waldes Belaubung; im Nahrungsgewebe der Blätter entsteht Blattgrün (Chlorophyll). Das letztere verwandelt sich im Herbst in einen gelben Farbstoff (in Xanthophyll) oder in einen rothen Farbstoff (in Erytrophyll). Der chemische Prozeß herrscht in allen Theilen der Pflanze. Wenn das Blatt durch Saftentziehung abstirbt, muß sich der chemische Prozeß in seinen Zellen ändern, die Umwandlung des Blattgrüns in die genannten Farbstoffe scheint eine Folge dieser Veränderung zu sein. Manche Blätter verlangen viel Licht, andere wenig. Die Birke und die Kiefer gedeihen nur im Vollgenuß des Lichts. Die Blätter der Birke decken sich nicht, wie bei der Buche, sie hängen einzeln frei, dem Licht preisgegeben. Auch die Eiche verlangt einen ziemlich lichten Stand; die Buche, Tanne und Fichte können mehr Schatten vertragen.

Auf dem Laubblatte kann sich bei gewissen Pflanzen eine Knospe entwickeln, aus letzterer kann wiederum ein Stamm hervorgehen. Die Bedingungen zur Bildung einer Knospe sind überall gegeben, wo Gefäßbündel in einem fortbildungsfähigen Gewebe liegen. Knospenbildungen auf dem Blatte sehen wir bei der Wiesen-Cardamine (Cardamine pratenses), ferner bei Bryophyllum und endlich bei sehr vielen, namentlich tropischen, Farrenkräutern. Die Blätter anderer Pflanzen schlagen dagegen leicht Wurzeln; ob letztere direct aus dem Blatte durch unmittelbare Bildung einer Wurzelknospe entstehen, oder ob die Bildung einer Stammknospe vorangeht, scheint mir noch nicht hinreichend sicher gestellt. Ich halte die directe Bildung einer Wurzelknospe aus dem Blattgewebe für sehr möglich. Aus der auf dem Blatte entstandenen Stammknospe, welche mit der Anlage zu einem Vegetationspunkt beginnt und sich durch letzteren in normaler Weise fortbildet, entwickelt sich allgemach ein junges Pflänzchen; die Knospen, auf den Blättern entstanden, werden zu Brutknospen. — Für unsere Waldbäume ist mir kein Fall einer Brutknospenbildung aus dem Laubblatt bekannt.

Im Blatte findet man in der Regel dieselben Stoffe, welche in den grün gefärbten Theilen der Rinde vorkommen; diese Stoffe

sind auf bestimmte Zellenarten angewiesen. Das Stärkmehl und das Blattgrün finden sich nur im Nahrungsgewebe der Blätter. Der Milchsaft, wenn solcher vorhanden ist, entquillt nur den Bastzellen der Gefäßbündel. Die Gefäßzellen führen, wie überall im ausgebildeten Zustande Luft, das Cambium der Gefäßbündel ist reich an stickstoffhaltiger Substanz. Jede Zellenart führt ihr eigenes Leben, jede Zellenart trägt zum Leben des Blattes bei, das Blatt sorgt wiederum für den Stamm und der letztere umgekehrt für das Blatt. Im pflanzlichen, so wie im thierischen Organismus greift Alles in einander; das eine Organ ist zum normalen Leben des Thieres und der Pflanze nicht minder wichtig als das andere.

VI.

Die Wurzel.

Auf der Höhe des Gebirges, wo der Windbruch vielfach Schaden bringt, trotzt die alte Tanne Sturm und Wettern. Ihre starken, tief gehenden Wurzeln senken sich in Felsenrisse, sie umklammern das Gestein. Der kräftige, säulenartige Stamm, von einer breiten Krone überschattet, schwankt vom Winde bewegt, fällt aber niemals, es sei denn, daß andere, stärkere Bäume auf ihn stürzen und seinen Fall erzwingen. Die Fichte dagegen, mit wagerecht verlaufenden, kaum zwei Fuß tief in die Erde eindringenden Wurzeln ist namentlich dem Windbruch ausgesetzt, sie stürzt und nimmt das Erdreich, in welchem ihre Wurzeln haften, im Fallen mit empor. Auch die Pappel unterliegt sehr leicht dem Sturme, ihre Wurzeln stehen zu der Höhe und Stärke des Stammes in keinem Verhältniß. Die Eiche weicht nur dann des Sturmes Wuth, wenn ihr Stamm oder ihre Wurzeln, wie bei alten Bäumen häufig, im Innern abgestorben, markfaul, sind.

Die Wurzel, für den Baum sehr wichtig, dient ihm als Haft- und Ernährungs-Organ. Bei den meisten Pflanzen versieht sie beide Zwecke; die Luftwurzeln, welche nie den Boden erreichen, sind dagegen nur Ernährungsorgane, sie fehlen unseren Bäumen, scheinen überhaupt zunächst für Pflanzen tropischer Klimate bestimmt. Der Stamm baumartiger Farren, in einer feuchten Atmosphäre lebend, bekleidet sich mit ihnen, die Orchideen der heißen Zone ent-

senden Luftwurzeln die Menge, die Orchideen unserer Wälder und Wiesen bedürfen derselben nicht. Für alle Pflanzen, welche in der Erde wurzeln, ist die Wurzel Haftorgan und Ernährungsorgan zugleich; für auf dem Wasser schwimmende Pflanzen ist sie, den Luftwurzeln entsprechend, Ernährungsorgan allein.

Der Baum, so wie die meisten höheren Pflanzen, bedürfen zweierlei Nahrung, welche ihnen Luft und Boden liefern. Die Blätter und die grünen Rindentheile entziehen der Luft gas- und dunstförmige Stoffe, sie absorbiren z. B. die Kohlensäure der Luft, verarbeiten dieselbe für die Zwecke der Pflanze. Die Wurzel entzieht dagegen dem Boden in Wasser gelöste Stoffe, sie sorgt für Bodennahrung, sie liefert der Pflanze zunächst den Stickstoffgehalt, den sie dem Humus und der Ackerkrume abgewinnt; sie liefert ihr ferner die mineralischen Stoffe, die wir in der Pflanzenasche wiederfinden; sie nimmt aber gleichzeitig auch lösliche Kohlenstoffverbindungen auf. Der Kalk und die Talkerde werden wahrscheinlich als kohlensaure Salze, in Kohlensäure haltigem Wasser gelöst, der Pflanze zugeführt. Die Quellsäure und Quellsatzsäure sind wahrscheinlich die Lösungsmittel anderer mineralischer Stoffe; durch sie erhält die Pflanze sowohl Kohlenstoff als Wasserstoff und Sauerstoff. Die Ackerkrume zerlegt nach Mulder die Luft, ihr Stickstoff tritt mit Wasserstoff zu Ammoniak zusammen, der letztere verbindet sich mit der Quellsäure oder Quellsatzsäure zu einem löslichen Salze, welches die Fähigkeit besitzt, noch mineralische Verbindungen, z. B. Eisenoxydul, Talk- und Kalkerde in sich zu einem löslichen, zusammengesetzten Salz zu vereinigen. Durch die Wurzel empfängt die Pflanze demnach auf dem Wege der Diffusion sowohl mineralische als organische Nahrung, durch die Blätter erhält sie organische Nahrung allein. Das Wasser, zu ihrem Leben gleichfalls nothwendig, empfängt sie durch beide, durch die Wurzel sowohl als durch die Blätter.

Pflanzen, auf dem Wasser schwimmend, ohne irgend eine Verbindung mit dem Boden, bedürfen des letzteren nicht. Unsere Wasser-

linsen (die Lemna-Arten) entziehen durch ihre Wurzeln dem Wasser Nahrungsstoffe, die der Luft zugewandte Fläche der schwimmenden Pflänzchen nimmt der Luft die zum Leben nöthigen Stoffe. Pflanzen mit untergetauchten Blättern bedürfen der directen Einwirkung der Atmosphäre nicht, sie erhalten schon durch das Wasser, in welchem sie leben, die ihnen nöthige Luftnahrung, sie sind dagegen meistens auf Bodennahrung durch ihre Wurzeln angewiesen. Noch andere Pflanzen haben sowohl untergetauchte als schwimmende Blätter. Das schwimmende Blatt ist seiner Funktion angemessen, etwas anders gebaut als das untergetauchte. Derselbe Stamm des baumartigen Farren hat Wurzeln für die Erde und Wurzeln für die Luft bestimmt; dieselbe Wasserpflanze hat Wurzeln für den Boden und Wurzeln für das Wasser bestimmt. Leider sind namentlich die Wasserpflanzen noch sehr mangelhaft untersucht, wir wissen deshalb nicht, ob Unterschiede in der Ausbildung der Wurzeln einer Pflanze, je nachdem selbige in dem einen oder in dem anderen Medium leben, vorhanden sind. Für das Blatt sind solche Unterschiede bekannt; allen untergetauchten Blättern fehlen die Spaltöffnungen, welche die schwimmenden Blätter auf ihrer Oberseite tragen.

Jede Wurzel entsteht aus einer Wurzelknospe, jede Wurzel endigt mit einer solchen, d. h. jede Wurzel schließt mit einem Vegetationspunkt, den eine Wurzelhaube bekleidet. Eine Wurzel kann niemals Blätter bilden, sie wächst gleich dem Stamm durch ihren Vegetationspunkt an ihrer Spitze.

Die Wurzel entsteht auf zweierlei Weise, entweder direct aus der Wurzelknospe (Radicula) des Keimes (S. 58) oder durch Bildung einer neuen Wurzelknospe am Verdickungsring des Stammes oder einer Wurzel, desgleichen durch Bildung einer neuen Wurzelknospe aus dem Keimlager der Monocotyledonen. Die Wurzelknospe kann sich wahrscheinlich, gleich der Stammknospe, überall, wo Gefäßbündel mit einem fortbildungsfähigen Gewebe zusammentreffen, erzeugen. Wie die Wurzelknospe am Verdickungsring entsteht, habe ich auf Seite 98 beschrieben.

Aus der Wurzelknospe des Keimes der Dicotyledonen entsteht die sogenannte Pfahl- oder Hauptwurzel, sie ist, wie wir bei der Keimung (Abschnitt II) gesehen, gewissermaßen die Verlängerung der Achse des Keimes nach abwärts. Unsere Bäume keimen, gleich den dicotyledonen Pflanzen im Allgemeinen, mit einer Pfahlwurzel, die aber oftmals schon früh durch starke Seitenwurzeln, z. B. bei der Fichte, unkenntlich wird. Die Monocotyledonen keimen dagegen mit keiner Pfahlwurzel, selbst die Wurzelanlage im Keim der Palmen entspricht, genau betrachtet, den Nebenwurzeln, welche später das Keimlager entsendet (Fig. 32, S. 69); sie liegt nicht frei wie am Keim der Dicotyledonen, sie muß das Gewebe des Keimes erst durchbrechen, wie die später entstehenden Wurzeln, gleichfalls vom Keimlager oder vom Verdickungsring ausgehend, das Gewebe der Rinde durchbohren. Der Keim einiger Getreidearten hat bereits die Anlage zu mehreren Nebenwurzeln. (Triticum fastuosum keimt mit drei Nebenwurzeln, Lolium speciosum keimt dagegen mit einer Nebenwurzel; bei beiden folgen sehr bald neue Nebenwurzeln nach.)

Bei der Keimung der Dicotyledonen scheint die Wurzel immer zuerst hervorzutreten, sie ist oft schon lang und stark, wenn die Stammknospe noch zwischen ihren Samenlappen schlummert (bei der Eiche und Wallnuß). Bei der Palme und den Gräsern treten Wurzel und Stamm so ziemlich zu gleicher Zeit aus dem Samen hervor; bei der Keimung der Farrenkräuter entwickeln sich ebenfalls Stamm und Wurzel gleichzeitig; hier könnte man die ersten Wurzeln, welche frei entstehen, d. h. keine Rindenschicht durchbrechen, als Pfahlwurzel betrachten.

Die Wurzel sei entstanden, wie sie wolle, in ihrem wesentlichen Bau bleibt sie sich immer gleich. In allen Fällen ist ihr Vegetationspunkt von einer Wurzelhaube überdeckt, in allen Fällen hat sie einen Verdickungsring. Wie das Verhalten des letzteren für sich und zu den Gefäßbündeln im Stamm der Pflanzen wesentliche Unterschiede hervorruft, den geschlossenen Holzring der Dicotyledonen, die zerstreuten Gefäßbündel der Monocotyledonen

bedingt, eben so sehr, ja vielleicht in einem noch höheren Grade, wirkt sein Einfluß auf die Wurzel.

Die Thätigkeit des Verdickungsringes erlischt in der Wurzel der Monocotyledonen und der höheren Kryptogamen frühzeitig, die Wurzeln bleiben verhältnißmäßig schwach, sie können nur aus ihren jüngsten Theilen Seitenwurzeln entsenden. Bei den Palmen, beim Drachenbaum und den Smilax-Arten, welche letztere die bekannte Sarsaparille liefern, verholzen bestimmte Zellen des Verdickungsringes, indem sie eine kreisförmige Scheide um das centrale Gefäßbündelsystem bilden. Die einzelnen Gefäßbündel selbst, hier dichter als im Stamm an einander gedrängt, lassen sich häufig nur durch ihr Cambium, welches in der Mitte jedes Bündels liegt, von einander unterscheiden. Die Nebenwurzeln unserer Orchideen (Himantoglossum, Cephalanthera) verhalten sich ähnlich. Die Palme, welche mit einer verhältnißmäßig starken Wurzel keimt, erzeugt aus dem Keimlager bald neue Nebenwurzeln, der Stamm geht nicht wie bei den Dicotyledonen allmälig in die Wurzel über, er verdickt sich durch seinen Verdickungsring und entsendet aus seinem Keimlager fort und fort neue Nebenwurzeln, die niemals eine sehr bedeutende Stärke erreichen. Das Keimlager, im Keim selbst unter der Stammknospe (der Plumula) gelegen, besteht aus einem zur Bildung neuer Zellen fähigen Gewebe, es liegt im älteren Baum an der Basis des Stammes, diese Basis ist gewissermaßen abgestutzt, die Nebenwurzeln entspringen aus ihr, die älteren Wurzeln sterben ab und neue ersetzen dieselben. Beim Drachenbaum ist es nicht anders, auch unsere Getreidearten zeigen dasselbe, ihre Nebenwurzeln entspringen dem Keimlager, das an der Basis des Halmes liegt. — Betrachten wir die Hyacinthenzwiebel, welche einem Stamm mit verkürzten Stengelgliedern entspricht; ihr Grund ist plötzlich abgestutzt, dicht über diesem Grunde liegt, unterhalb des Vegetationspunktes der Stammknospe, das Keimlager, aus letzterem treten, noch ehe sich der Blüthenschaft erhebt, zahlreiche Nebenwurzeln hervor, niemals entsteht eine Hauptwurzel. Die Hya-

cinthenzwiebel liefert uns ein herrliches Beispiel für die Art der Wurzelbildung bei den Monocotyledonen. Ob die Nebenwurzeln der Palmen und Drachenbäume lange an ihrer Spitze fortwachsen, ob sie demnach sich über weite Bodenflächen ausbreiten können, wie ich vermuthe, läßt sich nur in ihrem Vaterlande entscheiden. Alle Palmen mit sehr hohem Stamm, z. B. die Phönix-Arten, ferner Lodoicea, Attalea u. s. w., dringen beim Keimen mehr oder weniger (bis 3 Fuß) tief in den Boden, der Stamm entsendet erst in einer solchen Tiefe seine Nebenwurzeln, er kann jetzt starken Stürmen trotzen. Die monocotyledonen Pflanzen sind demnach zunächst für ihre Wurzelbildung auf ein Keimlager, d. h. auf ein fortbildungsfähiges Gewebe am Grunde ihres Stammes, angewiesen. Bei den Dicotyledonen läßt sich ein Keimlager höchstens im jungen Keime unterhalb der Stammknospe, niemals aber in der Pflanze selbst nachweisen, Stamm und Wurzel, schon im Keime hier nicht scharf geschieden, gehen auch später allmälig in einander über.

In der Wurzel der Dicotyledonen erlischt die Thätigkeit des Verdickungsringes nicht, das Verhältniß der Gefäßbündel zu letzterem entspricht dem Stamm. Die Wurzel besitzt deshalb ein centrales Mark, einen Gefäßbündel- oder Holzring und eine Rinde; doch ist die Ausbildung und Anordnung der Elemente dieser Theile bisweilen von derjenigen im Stamm verschieden. Der äußere Rindentheil der Wurzel unserer Bäume stirbt z. B. schon frühzeitig ab; Schichten aus Lederkork, im Nahrungsgewebe der Rinde gebildet, hemmen den Saftaustausch nach Außen hin, die äußeren Partien der Rinde vertrocknen; Organe, welche nur in ihnen gebildet werden, fehlen deshalb häufig der Wurzel. Die Rinde des Stammes der Tanne, Fichte und Kiefer besitzt Harzgänge, der Rinde der Wurzel fehlen dieselben. Schon bei der Keimung sehen wir diesen Unterschied zwischen Stamm und Wurzel (S. 62); unterhalb der Keimblätter stirbt die äußere Rinde unserer Laub- und Nadelbäume ab, oberhalb der Cotyledonen, wo sie mit einer wahren Oberhaut, welche nicht selten Spaltöffnungen führt, versehen ist,

erhält sie sich länger, der Lederkork bildet sich hier ungleich später und zwar entweder dicht unter der Oberhaut oder doch unfern derselben. Ich betrachte deshalb, da alle andere Anhaltspunkte fehlen, den Theil des Keimes unterhalb der Samenlappen als Wurzel, ohne jedoch auf diese Deutung einigen Werth zu legen.

Als Beispiel einer echten Pfahlwurzel mag die Rübe (Daucus, Beta u. s. w.) dienen; eine so entschieden ausgeprägte Hauptwurzel ist mir bei unseren Bäumen nicht bekannt. Wie Aeste und Zweige des Baumes oftmals den Haupttrieb an Stärke übertreffen, so werden auch Zweigwurzeln oftmals stärker und üppiger ausgebildet als die Hauptwurzel, der sie entsprossen sind. Wie der abgestorbene Haupttrieb eines Baumes häufig durch einen Seitentrieb ersetzt wird (S. 124), so können auch Seitenwurzeln die abgestorbene Hauptwurzel ersetzen. Bei einem älteren Baume kann man nur selten zwischen Haupt- und Nebenwurzeln unterscheiden; selbst bei der Eiche, Buche und Tanne, die in den ersten Lebensjahren eine so mächtige Pfahlwurzel besitzen, wird die letztere späterhin oftmals von Seitenwurzeln überholt. Die wagerechten Seitenwurzeln der Fichte sind schon im fünften oder sechsten Lebensjahre der Pflanze stärker entwickelt als die senkrecht verlaufende Pfahlwurzel. Einer jeden Seitenwurzel scheint die Möglichkeit gegeben, sich unter günstigen Verhältnissen kräftig zu entwickeln, sich gewissermaßen zu einer secundären Hauptwurzel umzubilden.

Die Natur hat hier sehr weise gesorgt; der Baum, auf ein oftmals sehr hohes Alter angewiesen, kann, an seinen Boden gefesselt, sich, die Luftnahrung abgerechnet, keine andere Nahrung schaffen, als ihm der Boden, in dem er wurzelt, bietet. Dieser Boden ist aber, namentlich in Waldgegenden, nicht überall derselbe, er ist vielleicht in der einen Schicht anders als in der andern: die Wurzeln gehen, nach der Baumes-Art verschieden, mehr in die Tiefe oder in die Fläche, sie entwickeln sich überall da am üppigsten, wo ihnen der Boden die zuträglichste Nahrung bietet; wo sie mangelt, bleibt ihre Entwickelung mehr zurück; deshalb kann man

den Baum zwingen, flacher oder tiefer zu wurzeln, je nachdem man die ihm günstige Bodenart höher oder tiefer legt. Die Tanne und die Fichte senken ihre Wurzeln in die Spalten des zerklüfteten Gesteins, mit Verwitterungs- und Verwesungs-Producten erfüllt; versiegt die Nahrungsquelle diesen Wurzeln, ohne daß aus ihnen entstandene Seitenwurzeln neue Nahrungsquellen finden, so stirbt besagte Wurzel ab, während andere Seitenwurzeln desselben Baumes, die auf einen günstigen Boden treffen, sich mächtiger entwickeln.

Nach der Größe des Wurzelzweiges richtet sich in der Regel auch die Größe der Zweigwurzeln, welche ihm entspringen. An einer schwachen Wurzel entspringen schwache Wurzelknospen, das Mark der letzteren ist in solchem Falle sehr klein, ja oftmals kaum bemerkbar, während andere Wurzelzweige derselben Pflanze ein bedeutend stärkeres Mark besitzen. Bei der Tanne, deren schwache Seitenwurzeln, wenn sie wagerecht verlaufen, in der Regel, den Nadeln der Zweige ähnlich, sich zweizeilig verzweigen (Taf. 1, Fig. 18), findet man in der Regel nur zwei Gefäßbündelanlagen; dessen ohngeachtet kann ein solcher Wurzelzweig zur starken Wurzel werden, er zeigt in diesem Falle auch noch späterhin in seiner Markscheide die beiden ursprünglichen Gefäßbündel, desgleichen ein langgezogenes Mark, während dasselbe bei andern Wurzeln dieses Baumes rund erscheint. — Die Kiefer macht verhältnißmäßig wenig Seitenwurzeln, ihre Wurzeläste und Zweige sind im Allgemeinen stärker als bei der Tanne. Nur die jüngeren Wurzeltheile der Kiefer scheinen zur Bildung von Seitenwurzeln fähig, die älteren Wurzeltheile bilden keine neue Zweigwurzeln; wahrscheinlich verhindert die Borkenbildung ihr Entstehen. Beim Verpflanzen der Kiefer ist hierauf sehr zu achten. Das Absterben der Außenrinde scheint überhaupt die Bildung neuer Seitenwurzeln zu beschränken; die jüngeren Theile einer Wurzel entwickeln deshalb zunächst neue Seitenwurzeln.

Welcher Theil der Wurzel die Bodennahrung aufnimmt, ist

eine bisher noch viel zu wenig berücksichtigte Frage; der Bau der Wurzel allein kann sie entschieden:

Lassen wir die Eichel keimen, so tritt die Pfahlwurzel zuerst aus der Schale hervor. Anfänglich farblos oder schwach gelb gefärbt, und bis zur Spitze, welche die Wurzelhaube bekleidet, mit einem Flaum feiner Haare bedeckt, färbt sie sich, indem sie an ihrer Spitze fortwächst, von hinten her dunkler, die äußeren Rindentheile werden, durch Bildung von Lederkork, saftlos, die Oberhaut mit ihren Wurzelhaaren vertrocknet, sie färbt sich braun, während das zarte Oberhautgewebe der fortwachsenden Spitze sich mit neuen Wurzelhaaren bekleidet. Aus der Hauptwurzel entsprossen nach und nach junge Seitenwurzeln; auch diese, anfangs farblos, sind, den von der Wurzelhaube bekleideten Theil ausgenommen, mit Wurzelhaaren dicht bekleidet, sie verlängern sich an ihrer Spitze, ihre äußere Rinde stirbt, wie bei den Hauptwurzeln, von der Basis her allmälig ab.

Was für die Eiche gilt, hat auch für alle andere von mir untersuchte Pflanzen mehr oder weniger Geltung. Bei allen Pflanzen ist der jüngste Theil der Wurzel, soweit ihn die Wurzelhaube nicht bedeckt, entweder mit zarten Wurzelhaaren oder mit einer nicht minder zarten Oberhaut (einem Epithelium) bekleidet, während alle älteren bereits braungefärbten Theile der Wurzel von einer Korkschicht umgeben sind. Nur der jüngste Theil der Wurzel, welcher farblos oder gelblich gefärbt ist und den kein Kork bedeckt, ist fähig, dem Boden Nahrung zu entziehen; die älteren braungefärbten Theile können, durch ihren Korküberzug verhindert, keine gelöste Stoffe in sich aufnehmen. Den zarten Theil der Wurzelspitze nennt der Förster sehr richtig das Saugorgan der Wurzel. Eine Pflanze vertrocknet im Wasser, wenn ihre Wurzelspitzen über demselben hervorragen.

Die Wurzelhaare der Wurzelspitze sind so zart, so hygroskopisch, daß sie, aus der feuchten Erde oder aus dem Wasser gehoben, fast augenblicklich vertrocknen; sie müssen demnach sehr be-

gierig Flüssigkeiten aufsaugen. — Um die Behaarung der Wurzelspitzen unserer Waldbäume zu studiren, muß man die größte Sorgfalt anwenden, man muß die Wurzeln mit der Erde herausheben und augenblicklich in ein Gefäß mit Wasser legen; sorgfältig abgespült, findet man alsdann sowohl bei der Eiche und Buche als bei der Fichte und Kiefer zarte Wurzelhaare, bei der einen Baumart in größerer, bei der anderen in geringerer Anzahl, und von größerer oder geringerer Länge; bei der Tanne habe ich nur ein sehr zartes Epithelium aber keine Wurzelhaare finden können. Ich vermuthe jedoch, daß auch der Standort hier von Einfluß ist; auf einem günstigen Boden scheinen sich weniger Wurzelhaare als auf einem ungünstigen zu bilden. Die Wurzelhaare vermehren ohnstreitig die absorbirende Oberfläche; wo Wurzelhaare fehlen, muß die beschränktere Fläche der Oberhaut zur Aufnahme der Nahrung genügen; wo viele Wurzelhaare vorkommen, muß entweder das Absorbtions-Vermögen der Oberhaut beschränkter sein oder die Pflanze selbst vieler Bodennahrung bedürfen. Die Tanne entsendet zahllose kleine Seitenwurzeln, die in der Regel frühe wieder absterben, während fortwährend neue gebildet werden; bei ihr scheint die Menge dieser absorbirenden Würzelchen das zu ersetzen, was ihr durch die fehlenden Wurzelhaare abgeht. Eine vergleichende Untersuchung recht vieler Pflanzen würde hier sicherlich schöne Resultate liefern; für solche Beobachtungen ist jedoch die allergrößte Sorgfalt nöthig. Die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen sind mir, aller Vorsicht ohngeachtet, dennoch nicht genügend sicher; ich werde weiter forschen. Bewiesen ist zur Zeit: *daß jeder Baum nur durch seine zarten Wurzelspitzen Bodennahrung aufnimmt, und daß der braungefärbte ältere Theil der Wurzel unfähig ist, Nahrungsstoffe aus dem Boden zu entnehmen.*

Nach der Stärke der Wurzel richtet sich auch die Stärke der Wurzelspitze; was der Förster Saugwurzel nennt (Taf. 1, Fig. 18r), ist nur der Größe nach von den kleineren Seitenwurzeln (r'') verschieden. Die Wurzel der dicotyledonen Pflanze kann, da ihr Ver-

dickungsring fortdauernd thätig bleibt, auch fortdauernd Seitenwurzeln bilden, während die Wurzel der Monocotyledonen und wahrscheinlich auch der Kryptogamen, deren Verdickungsring bald unthätig wird, nur aus ihren jugendlichen Theilen Seitenwurzeln entsenden können. Wenn die Spitze eines dicotyledonen Wurzelastes abstirbt oder gewaltsam genommen wird, so entwickelt sich eine Seitenwurzel des älteren Theiles zu einem neuen Wurzelast; wenn dagegen der jugendliche Theil einer monocotyledonen Wurzel abstirbt oder genommen wird, so entwickelt sich aus ihr, so weit mir bekannt, kein neuer Wurzelzweig.

Zur Bildung einer neuen Seitenwurzel ist, wie zur Bildung einer jeden Knospe (S. 82), ein fortbildungsfähiges Gewebe, in welchem Gefäßbündel liegen, nothwendig. Die Keimpflanze der Wallnuß liefert hier die schönsten Beweise. Die sehr starke Pfahlwurzel zeigt auf dem Querschnitt einen Verdickungsring, in welchem, ähnlich wie bei der Nessel, die Gefäßbündel entfernt von einander liegen (ich zählte in der Regel 4 oder 6 derselben). Nur wo ein Gefäßbündel liegt, entspringt eine Seitenwurzel. Die Gefäßbündel verlaufen in der Pfahlwurzel der Keimpflanze in gerader Richtung nach abwärts, die Seitenwurzeln bilden deshalb, ihnen entsprechend, senkrechte Reihen. Die äußere Rinde dieser Pfahlwurzel reißt, sie wird zur Borke.

Bäume, deren Wurzeln tief in den Boden eindringen, gedeihen, wenn sie bodenstätig sind, d. h. wenn sie einer bestimmten Bodenart zu ihrem normalen Fortkommen bedürfen, bisweilen in den ersten Lebensjahren gut, und kränkeln darauf plötzlich, oder sie gedeihen umgekehrt in den ersten Lebensjahren schlecht, wachsen dagegen späterhin kräftig. Die Beschaffenheit des Bodens kann hier allein die Ursache des Gedeihens oder Nichtgedeihens in der einen oder anderen Lebensperiode sein. Ist ein dem Baum ungünstiger Untergrund von einer ihm zuträglichen Bodenart bedeckt, so wird der Baum anfänglich gedeihen, sobald aber seine Wurzelspitzen den ungünstigen Untergrund erreichen, kränklich werden. Ist umgekehrt

der Untergrund gut, die Oberschicht schlecht, so wird der Baum anfänglich kränkeln, dagegen sobald seine Wurzelspitzen den Untergrund erreichen, um so üppiger gedeihen. Für die Tanne und alle tiefwurzelnden Bäume ist der tiefere Untergrund von großer Bedeutung; für die flachwurzelnden Bäume, die Fichte und Pappel, ist derselbe von geringerem Einfluß.

Wenn man einen jungen Baum zur Zeit der Vegetation verpflanzt, so zerstört man in der Regel viele seiner Wurzelspitzen. Bringt man denselben nicht fast augenblicklich in die für seine Wurzel bestimmte Grube, so vertrocknen überdies die nicht verletzten zarten Wurzelspitzen, auch wenn selbige beim Herausheben sorgfältig geschont wurden. Der Baum würde nicht fortwachsen können, wenn seine älteren Wurzeltheile nicht die Fähigkeit besäßen neue Wurzelspitzen, d. h. neue Seitenwurzeln zu entwickeln; diese Fähigkeit ist aber nach der Baumart sehr verschieden. Nur wenige Pflanzen vertragen zur Vegetationszeit ein Versetzen. Der junge Wald- und Obstbaum kann im ersten Frühling oder im Spätherbst aus dem Boden genommen, tagelang mit unbedeckter Wurzel liegen, er kann weit versendet werden, seine Wurzel treibt, in einem neuen Boden, wenn seine Zeit kommt, weiter. Die Wurzelspitzen sind im Herbst und Winter unthätig, ihre Oberfläche ist vertrocknet; sobald diese Spitzen im Frühjahr zu treiben beginnen, ist dagegen das Versetzen der Bäume gefährlich. Die Decke abgestorbener oder verkorkter Zellen der älteren Wurzelrinde, welche die Aufnahme der Stoffe aus dem Boden verhindert, hemmt gleichzeitig die Verdunstung, sie wirkt wie die Borkendecke der Rinde des Stammes. Eine Beschädigung der Wurzelspitzen beim Verpflanzen ist für die Kiefer ungleich nachtheiliger als für die Tanne, weil erstere aus ihren älteren, mit einer eigenthümlichen Borke bekleideten, Wurzeltheilen nur sehr schwierig neue Seitenwurzeln zu bilden vermag.

Nur die jungen Spitzen der Wurzeln entnehmen, wie wir gesehen, Bodennahrung; ihre mit Wurzelhaaren bekleidete Oberhaut stirbt ab, sowie die Wurzelspitze weiter fortwächst. Der zur Auf-

nahme der Nahrung bestimmte Theil der Wurzel rückt somit immer weiter, er kommt mit anderen Theilen des Bodens in Berührung; hieraus erklärt sich, warum die Pflanze selbst Stoffe, welche im Boden nicht reichlich vorhanden sind, dennoch in beträchtlicher Menge demselben entziehen kann. Ihre Wurzelspitzen dringen immer weiter vorwärts. Ob selbige da, wo der Boden ihnen reichliche und angemessene Nahrung bietet, länger weilen; ob sie an solchen Orten länger thätig bleiben und erst dann, durch Korkbildung in ihrer Rinde, zur Aufnahme löslicher Stoffe unfähig werden, wenn es für sie nichts mehr aufzunehmen giebt, ist eine Frage, die ich zur Zeit nicht entscheiden kann. Ob die Wurzelhaube zur Aufnahme der Nahrungsstoffe ganz unthätig ist, ob sie nur zum Schutz des Vegetationspunktes dient, läßt sich ebensowenig bestimmen. Daß sie von außen her abstirbt und, wenn die Wurzelspitze lange fortwächst, von innen her durch den Vegetationspunkt neu erzeugt wird, läßt sich mit Sicherheit nachweisen. Ob die Korkschicht der Wurzelrinde nur die Verdunstung der durch die thätigen Wurzelspitzen aufgenommenen Flüssigkeit hindert, oder ob sie noch gleichzeitig durch ihre poröse Beschaffenheit zur Verdichtung der Gase im Boden beiträgt und selbige dem thätigen Rindengewebe überliefert, bleibt gleichfalls unentschieden.

Die Wurzelhaube ist als Schutz des Vegetationspunktes gegen den Widerstand des Bodens, in welchem die Wurzeln weiterdringen, gewiß sehr wichtig. Die Natur bleibt ihren Gesetzen treu; auch diejenigen Wurzeln, welche keinen Bodenwiderstand zu besiegen haben, z. B. die Luftwurzeln der Orchideen, die Wurzeln der schwimmenden Wasserlinsen, sind mit einer Wurzelhaube versehen. Bei den letztgenannten Pflanzen wurde dieselbe zuerst beobachtet und für eine Eigenthümlichkeit dieser Pflanzen gehalten, während sie, allgemein und ausnahmslos verbreitet, den Charakter jeder wahren Wurzel bedingt.

Die Bildung der sogenannten Wurzelhülle der Orchideen läßt sich vielleicht auf die oben besprochene Eigenthümlichkeit der Wurzel-

rinde, in ihren äußeren Theilen abzusterben, zurückführen. Die Wurzelhülle der Orchideen ist bei einigen Arten mit langen Haaren bekleidet, sie stirbt frühzeitig ab; hier und da zeigen sich in ihr die zierlichsten Verdickungsweisen der Zellwand.

Wurzelschwämmchen und Wurzelausscheidungen, von denen früher viel gefabelt ward, sind beides mißverstandene Dinge. Den bereits abgestorbenen Theil der Wurzelhaube, desgleichen die abgestorbenen Rindenzellen, welche die Nebenwurzel bisweilen, wenn sie die Rinde durchbricht, mit emporhebt, hat man als Wurzelschwämmchen angesehen und ihnen, gleich einem Schwamme, das Vermögen, die Feuchtigkeit des Bodens in sich aufzunehmen, zugeschrieben. Ausscheidungen der Wurzeln sollten den Boden verschlechtern, die Pflanze sollte sich durch die Wurzel ihrer schädlichen Stoffe entledigen, während sie umgekehrt den Boden nur durch Entziehung löslicher Stoffe verschlechtert. Die Wurzel kann schon ihres anatomischen Baues wegen nur wenig Stoff abscheiden. Wir haben gesehen wie bald ihre äußere Rinde abstirbt; durch jede Borkenbildung wird aber sowohl die Aufnahme, als die Abscheidung gelöster Stoffe verhindert.

Die Wurzel der einen Pflanze entzieht dem Boden andere Stoffe, als die Wurzel einer andern; bliebe die Wurzelspitze immer auf derselben Stelle, so würde es der Pflanze bald an Nahrung gebrechen. Ein Feld, das mehrere Jahre hintereinander Getreide geliefert, wird zweckmäßig einmal mit einer anderen Pflanzenart bestellt. Hierauf gründet sich die Wechselwirthschaft der Landleute; man muß wissen was jede Pflanze bedarf, was sie dem Boden entzieht und wie das Entzogene zu ersetzen ist. Der Dünger ist dem Boden eine reiche Nahrungsquelle, aus ihm entwickeln sich zunächst die löslichen Humussäuren, die Quellsäure und die Quellsatzsäure, welche bei der Ernährung so wichtige Rollen spielen. Der Wald düngt sich selbst durch seinen Blattfall, sowie durch das Moos, das seinen feuchten Grund bedeckt. Keine auch nur einigermaßen geregelte Forstwirthschaft gestattet das Laub- und Moossammeln im Walde.

Bestände, den Gemeinden angehörig, in welchen die Forstgesetze in der Regel lauer gehandhabt werden, in denen namentlich das Laub- und Moossammeln weniger streng verboten ist, unterscheiden sich meistens schon durch den schlechteren Wuchs und die geringere Kräftigkeit ihrer Bäume von benachbarten Beständen, auf deren Boden das gefallene Laub vermodert. Der Wald mit langer Umtriebszeit braucht keine Wechselwirthschaft.

Die Wurzel der dicotyledonen Pflanzen wächst, wie der Stamm, alljährlich in die Dicke, die Wurzel zeigt so gut ihre Jahresringe als der Stamm; ihr Holz ist dem Stamm entsprechend gebaut, doch leichter als das Holz des Stammes. Die Jahresringe sind in der Regel breiter als im Stamm, das Frühlingsholz, d. h. die weiteren schwächer verdickten Holzzellen, sind vorherrschend. Das Holz der Wurzel liefert deshalb im Allgemeinen eine mehr poröse Kohle, die wohl ein rasches Feuer giebt, aber an Brennstoff dem Holz des Stammes nachsteht. Das Wurzelholz der Kiefer ist sehr harzreich. Zur Pulverfabrikation, wo eine lockere Kohle nöthig, wäre vielleicht das Wurzelholz der Linde und des Faulbaumes noch vorzüglicher als das Stammholz dieser Bäume.

Bei denjenigen Nadelhölzern, deren Holz im Stamm Harzgänge besitzt, treten dieselben Harzgänge auch in dem Holz der Wurzel auf; wo sie im Holz des Stammes fehlen, sind sie auch in dem Holz der Wurzel nicht vorhanden. Das Holz der Wurzel ist im Allgemeinen ungleich harzreicher, als das Holz des Stammes; bei der Lerche ist es gelblich gefärbt. Die jungen Seitenwurzeln der Tanne zeigen in ihrem Mark Harzansammlungen, welche ich in den Zweigen vermißte.

Die größere Weite der im Frühling und Sommer entstandenen Holzzellen der Wurzel gestattet bei den Nadelhölzern das Auftreten doppelter Tüpfelreihen in diesen Holzzellen. Die Araucaria, bei uns nicht heimisch, hat auch im Stamm Holzzellen mit doppelten Tüpfelreihen, welche unseren Nadelhölzern fehlen. Unsere Braunkohlen bestehen häufig aus Hölzern, welche, dieser Eigenthümlichkeit halber, für

Araucarien gehalten werden; nun zeigt sowohl das Wurzelholz der Tanne und Fichte als auch der Kiefer und Lerche ähnliche Holzzellen mit doppelten Tüpfelreihen; es ist demnach wohl möglich, daß hier und da eine angebliche Araucaria der Vorzeit die Wurzel einer noch lebenden Coniferenart unserer Zone gewesen. Wer das Holz der Araucaria kennt, wird dasselbe allerdings niemals mit dem der Wurzel heimischer Nadelbäume verwechseln.

Die Rinde der Wurzel unserer Bäume verhält sich im Allgemeinen wie die Rinde des Stammes. Bei den Nadelhölzern mit wirklichen Harzgängen, welche nur in dem ursprünglichen Rindentheil gebildet werden, z. B. bei der Tanne, Fichte und Kiefer, fehlen die Harzgänge, weil dieser Theil der Rinde frühe abstirbt. Bei der Lerche sind dagegen auch in der Wurzel kleine runde mit Harz erfüllte Räume vorhanden. Das Bast der Rinde wird in der Wurzel einiger Bäume, z. B. bei der Buche, schwächer als im Stamm entwickelt. Die Rinde der Buche und Tanne bleibt auch an der Wurzel glatt, sie bildet keine Borke; bei der Fichte, Kiefer und Lerche bilden sich dagegen ähnliche Borkenschuppen als am Stamm; die Wurzel der Birke ist mit demselben Lederkork als der Stamm umkleidet. Die Beschaffenheit der Wurzelrinde ist für das Leben der Wurzel sehr wichtig. Selbst die alten Wurzelzweige der Tanne können, weil ihre Rinde auch nach außen hin lebendig bleibt, Wurzelknospen bilden; bei der Kiefer beschränkt sich dagegen die Bildung einer Wurzelknospe nur auf die jungen Wurzeltheile, welche noch keine Borke gebildet haben.

Im Rindenparenchym der Wurzel findet man fast dieselben Stoffe, welche in den entsprechenden Zellen der Rinde des Stammes vorkommen, nach der Pflanzenart Stärkemehl u. s. w.; doch pflegt das Chlorophyll, das in dem thätigen Rindentheil junger Stämme fast überall vorkommt, in der Wurzel jederzeit zu fehlen. Die Rinde der Wurzel ist bei der Tanne im frischen Zustande röthlich gefärbt, am Stamm erscheint sie weislich gelb; die verzweigten, diesem Baum eigenthümlichen Bastzellen finden sich sowohl in der

Rinde der Wurzel als des Stammes. Alle Zellen der Wurzelrinde sind in der Regel weiter als in der Rinde des Stammes.

Wenn eine Nebenwurzel an dem Verdickungsring eines Stammes oder einer Wurzel entspringt, so bildet sich, wie sowohl ein Querschnitt als ein Längsschnitt zeigen, zuerst ein kleiner mit seiner Basis am Verdickungsring liegender Zellenkegel, der anfänglich von einer sich ebenso bildenden Nebenstammknospe nicht zu unterscheiden ist, sich bald aber durch das Auftreten einiger Zellenschichten über seinem Vegetationspunkt als Wurzelknospe kenntlich macht (Vergl. S. 98). Diese über der thätigen, der Zellenvermehrung dienenden, Spitze (dem Vegetationspunkt) auftretenden Zellenschichten sind die ersten Anfänge der Wurzelhaube, sie sind schon vorhanden, ehe die junge Wurzel aus der Rinde hervortritt. In der letzteren liegend, ernährt sich die Wurzelknospe vom Inhalt der Zellen des Rindengewebes; im Umkreis der jungen Wurzel verschwinden diese Zellen nach und nach. Der Verdickungsring ist in der Wurzelknospe schon vorhanden, ehe letztere die Rinde verläßt; die Gefäßbündel entstehen bald darauf, vom Verdickungsring des Mutterstammes oder der Mutterwurzel ausgehend.

Auf Quer- und Längsschnitten älterer Hauptwurzeln, welche Seitenwurzeln entwickelt haben, sieht man häufig neben solchen, welche vom Verdickungsring der Hauptwurzel abgehen, andere Seitenwurzeln, welche aus der Mitte des Holzringes, und noch andere, welche aus der Markscheide zu entspringen scheinen. Die Weise, in welcher der Holzring jeder Wurzel und jedes Stammes wächst, erklärt diese Verschiedenheiten zur Genüge; die Markscheide ist der älteste Theil des Holzringes, Seitenwurzeln, welche aus ihr entspringen, sind darum älter als solche, welche in der Mitte des Holzringes ihren Ursprung nehmen; Seitenwurzeln, die zur Zeit aus dem Verdickungsring hervorgehen, sind kürzlich entstanden. Dasselbe gilt für jeden Zweig, der aus einer Nebenknospe entstand; je näher sein Ursprung dem Marke liegt, um so älter ist derselbe.

Eine Wurzelknospe kann, gleich einer Nebenstammknospe, an beliebigen Stellen des thätigen Verdickungsringes, sowohl am Stamm als an der Wurzel entstehen, die Beschaffenheit der Rinde begünstigt oder erschwert ihr Entstehen (S. 185).

Eine Vermehrung der Wurzel durch Theilung des Vegetationspunktes der Wurzelspitze selbst gehört zu den seltenen Fällen; auch die Theilung des Vegetationspunktes der Stammknospe ist erst für wenig Fälle beobachtet worden. Durch Theilung der Wurzelspitze verzweigen sich die gelappten oder zertheilten Orchisknollen (Orchis latifolia, Habenaria, Gymnadenia), ferner die knollenähnlichen Wurzel-Anschwellungen ganz junger Erlen, desgleichen die wunderbaren Luftwurzeln der Cycadeen (vgl. 105). Die knollenähnlichen Wurzelwucherungen der Erle, welche unter günstigen Umständen allmälig aus diesen kleinen Anschwellungen hervorgehen, und die man (zum wenigsten im Schwarzathal) an jeder Erle mehr oder weniger ausgebildet findet, sind abnorme Wucherungen zahlreicher Wurzelknospen, welche nicht zur Bildung einer wahren Wurzel gelangten; ich möchte sie etwa mit dem Herenbesen (S. 133), welcher eine Zweigwucherung darstellt, vergleichen. Bei der Erle erreichen diese Wurzelwucherungen nicht selten die Größe einer Wallnuß oder eines kleinen Apfels. Wenn die Wurzel dieses Baumes im Schlamme kriecht, scheinen sie sich vorzugsweise zu entwickeln.

Die Luftwurzeln der Cycadeen treten über die Erde, sie breiten sich auf derselben aus. Bei Ceratozamia muricata sind es lange wenig verzweigte Wurzeln, welche reihenweise kurze, sternförmig verzweigte, Seitenwurzeln ausschicken. Bei Ceratozamia mexicana verzweigen sich diese Seitenwurzeln zu einem traubenartigen Knäuel. Bei Cycas circinalis theilt sich der Vegetationspunkt derselben, es entstehen drei warzenartige Erhebungen; das Ende einer solchen Luftwurzel gleicht oftmals einer Himbeere. Genannte Nebenwurzeln entstehen am Verdickungsring der Luftwurzel in durchaus normaler Weise, ihr Vegetationspunkt theilt sich dagegen, sobald sie die Rinde der Luftwurzel durchbrochen haben;

nach der Art dieser Theilung, welche mehr oder weniger constant ist, richtet sich ihre Gestalt*).

Eine Zweig- oder Nebenwurzel kann, wie ich es bereits mehrfach ausgesprochen, sowohl an einer Wurzel, als an einem Stamm entstehen; die Art ihrer Bildung ist in beiden Fällen dieselbe. Die Nebenwurzeln der Orchideen entspringen entweder aus dem Keimlager unter der Stammknospe oder später aus dem Verdickungsring des Blüthenschafts (des Stammes). Die Luftwurzeln vieler Treibhausgewächse, desgleichen der Baumfarren entspringen gleichfalls aus dem Stamm. Jeder Steckling der Weide und Pappel schlägt Wurzeln; der flächenartige Stamm der Ripsalis bildet aus seinen scheinbaren Nerven (seine eigentlichen Haupt- und Seitenzweige) Wurzeln, welche, wie überall, am Verdickungsring entspringen.

Was für eine Pflanze gilt, hat aber darum nicht immer für alle Pflanzen Geltung; nicht alle bilden mit gleicher Leichtigkeit Nebenwurzeln. Die Nadelhölzer lassen sich nur schwierig durch Stecklinge vermehren, sie besitzen das Vermögen, Wurzelknospen aus dem Stamm zu bilden, in beschränktem Grade; andere Pflanzen, z. B. die Pappel und Weide, desgleichen die Rose, der Gummibaum, die Schiefblatt-Arten (Begonia) u. s. w., vermehren sich dagegen leicht durch Stecklinge. Hier muß für jede Pflanze die Erfahrung des Forstmannes, Landmannes oder Gärtners befragt werden.

Wie jeder Stamm eine Wurzelknospe und aus der letzteren eine Wurzel entwickeln kann, so besitzt umgekehrt die letztere das Vermögen, Stammknospen und aus denselben Zweige, die später stammartig werden können, zu erzeugen. Der Wurzelausschlag der Waldbäume ist hinreichend bekannt, aber nicht jede Baumart gleicht hierin der andern; die Nadelhölzer machen keinen Wurzelausschlag; die Hainbuche und die Esche, die Pappel und die Weide

---

*) Flora. 1853. H. Schacht. Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Wurzel.

liefern ihn sehr reichlich. Die Nadelhölzer bilden selbst am Stamm nur in sehr beschränktem Grade Neben-Stammknospen, ihre Knospen entspringen fast sämmtlich aus der Achsel der Blätter. Pflanzen, welche das Vermögen leicht Neben-Stammknospen zu bilden besitzen, scheinen auch zum Wurzelausschlag geneigt zu sein.

Wo Wurzeln zu Tage liegen, bildet sich in der Regel leichter Wurzelausschlag; tiefliegende Wurzeln entwickeln dagegen nur selten Stammknospen. Wenn die Wurzel eine Rindenbeschädigung erleidet, z. B. durch Quetschung an Fahr- oder Fußwegen, so entsteht bisweilen sogar an Bäumen, welche sonst keinen Wurzelausschlag bilden, z. B. bei der Birke, ein junger Zweig. Dies erklärt sich durch die vermehrte Thätigkeit der Rinde an der verletzten Stelle. Jede Wundfläche der Rinde ist überhaupt zur Knospenbildung mehr geeignet als die unverletzte Rinde. Bei der Pappel und bei der Roßkastanie entsteht eine Maserbildung zunächst da, wo ein Ast genommen oder wo die Rinde verletzt wird, sogar die Tanne treibt an solchen Stellen bisweilen Nebenknospen. Die Saumaugen (S. 134) bilden sich zunächst an den Wundflächen der Bäume.

Aus einer Wurzel kann niemals ein Stamm, aus einem Stamm kann niemals eine Wurzel werden. Die Erzählungen von umgekehrten Bäumen, deren Krone zur Wurzel, deren Wurzel zur Krone geworden, sind, wenn sie überhaupt bewiesen wären, dadurch zu erklären, daß an den Zweigen Wurzelknospen, an den Wurzeln dagegen Stammknospen entstanden sind, welche sich später gesetzmäßig ausbilden und den umgekehrten Baum ernähren konnten. Eine umgekehrte Hyacinthenzwiebel entsendet ihren Blüthenschaft ins Wasser.

Die Orchisknolle entsteht aus einer Wurzelknospe, die kaum angelegt über sich eine Stammknospe bildet, Stamm- und Wurzelknospe vereinigen sich hier zur Bildung einer knollartigen Anschwellung. Die Orchisknolle zeigt nach oben den Vegetationspunkt der Stammknospe, von Blattanlagen umgeben, nach unten den Vegetationspunkt der Wurzelknospe, von einer meistens schwachen

Wurzelhaube bedeckt; beide Fortbildungspunkte stehen durch Gefäßbündel mit einander in direkter Verbindung.

Die Weise, wie sich die Hauptwurzel verzweigt, möchte vielleicht innerhalb gewisser Grenzen für jede Baumart mehr oder weniger constant sein; wir wissen über dieselbe noch wenig oder gar nichts. Die kleinen Seitenwurzeln der Tanne sind zweizeilig gestellt.

Manches ist als Wurzel beschrieben, was niemals eine Wurzel war; ich selbst habe den Wurzelstock des Epipogum Gmelini *) (eine seltene Orchisart), für eine ächte Wurzel gehalten; die spätere Untersuchung des ähnlichen Wurzelstockes einer andern Orchis (Corallorhiza innata) ließ mich den Irrthum erkennen. Wie die Knolle der Orchideen, so hat auch das Rhizom genannter Pflanzen nach der einen Seite die Bedeutung einer Wurzel, nach der anderen die Bedeutung eines Stammes. Die Wurzelseite bleibt hier unentwickelt. Eine Wurzel kann niemals mit einer Stammknospe, d. h. mit einem freien Vegetationspunkt endigen, sie muß sich immer mit einem von einer Wurzelhaube bedeckten Vegetationspunkt schließen. Eine Wurzel kann niemals Blätter oder Blattnarben besitzen; wo letztere in einem Pflanzentheile vorkommen, der in der Erde wächst, haben wir es überall mit einem unterirdischen Stamm, den man als Wurzelstock (rhizom) oder unterirdischer Ausläufer bezeichnet, zu thun.

Der Vegetationspunkt der Wurzel kann sich, weil er keine Blätter bildet, auch nicht durch Deckschuppen schließen, aber dennoch wird die Wurzelspitze, gleich der Stammspitze, zu einer bestimmten Zeit unthätig; sie schließt sich durch ihre Wurzelhaube und ihre Rinde selbst. Auch die Spitze der Wurzel wird zur Winterzeit, durch das Absterben der äußeren Rindentheile, zur Aufnahme flüssiger Nahrung unfähig. Die Wurzelspitze wächst jetzt nicht mehr weiter. Bevor im Frühjahr die Knospen schwellen, beginnt die Thätigkeit der Wurzel aufs neue; die Wurzel-

---

*) W. Schacht, die Pflanzenzelle. S. 358.

spitze beginnt zu treiben, sie entnimmt dem Boden seine Feuchtigkeit. Der Baum kann jetzt nicht mehr ohne Gefahr verpflanzt werden (S. 181).

Die Wurzelspitze wird viel später unthätig als die Stammknospe; erst wenn im Herst die Vegetation erlischt, schließt sich dieselbe durch das Absterben ihrer Außenrinde. Die Wurzelspitze entzieht von nun an keine Stoffe aus dem Boden, ihre von abgestorbenen Zellschichten (von einer Borke) bedeckte Rinde hält dagegen die einmal aufgenommenen Stoffe zurück; in gleicher Weise verhindert die Borke die Ausdünstung des Stammes. — Die Wurzel der von mir untersuchten Nadelhölzer zeigt, wie schon bemerkt, ein entschiedenes Vorherrschen der schwach verdickten Holzzellen, die Grenze des Jahresringes besteht aus ungleich weniger Reihen stark verdickter Zellen als im Stamm. Ob diese Beschaffenheit des Wurzelholzes mit dem längeren Wachsthum der Wurzelspitze in Zusammenhang steht, mag ich nicht entscheiden (vgl. S. 114).

In sehr seltenen Fällen kann eine Neben- oder Seitenwurzel zum Dorn (Spina) werden. Bei Thrinax (einer Palme) sah ich im Deckerschen Garten zu Berlin Nebenwurzeln aus dem Stamm hervortreten und zu 1 bis 2 Zoll lange Dornen werden; bisweilen ist ein solcher Dorn durch Bildung einer Seitenwurzel, gleich dem Dorn einiger Luguminosen verzweigt. Der Vegetationspunkt der Wurzel verholzt in solchem Falle, die Wurzelhaube vertrocknet (vgl. S. 134 u. S. 159). Der Vegetationspunkt der Wurzelspitze wird auch in einigen anderen Fällen früher oder später unthätig. Das Rhizom der Epipogum und des Corallorhiza zeigt, wie bereits auf S. 190 erwähnt, eine Wurzelspitze, welche nicht mehr weiter wächst. — Das Verkümmern des Vegetationspunktes der Stammknospe haben wir bei Ruscus und Ripsalis (S. 121) betrachtet.

Die Wurzelbildung eines Baumes steht in der Regel mit seiner Zweigbildung im Verhältniß; ein stark beästeter Baum ist in der Regel auch stark bewurzelt. Wenn die eine Seite eines Baumes mehr Aeste als die andere Seite trägt, so ist dieselbe Seite

in der Regel auch stärker bewurzelt; der Holzring dieser Seite ist dann jederzeit ungleich breiter als der Holzring der schwächer beästeten und bewurzelten Seite. Mit der Holzbildung steht wiederum die Rindenbildung im Verhältniß; wenn der Holzring breiter wird, gewinnt auch die Breite der Rinde.

Bodennahrung und Luftnahrung müssen zum Gedeihen eines Baumes mit einander im Verhältniß stehen; bei einer unverhältnißmäßig schwachen Wurzelentwickelung kann keine starke Krone gedeihen. Man beschneidet die Krone, wenn man dem Baum, beim Versetzen, viel Wurzeln genommen, um das gestörte Verhältniß zwischen Zweigen und Wurzeln wieder herzustellen. Zweigbildung und Wurzelbildung stehen, wo die Natur frei schaltet, mit einander im richtigen Verhältniß.

Eine tiefgehende Pfahlwurzel giebt dem Baum einen festen Stand, die alte Tanne trotzt dem wüthendsten Orkan. Flach laufende Seitenwurzeln, ohne tiefgehende Pfahlwurzel, gewähren dagegen einem hohen Stamm nur geringen Halt. Die Fichte und Pappel stürzen, wie schon im Eingang dieses Abschnittes erwähnt, sehr leicht; auch die Birkenwaldungen Rußlands sollen vom Windbruch leiden. Die hochstämmigen Palmen (Phoenix, Lodoicea, Attalea u. s. w.) dringen schon bei der Keimung tief in die Erde (S. 70), während die niedrigen Palmen (Chamaedorea) an der Oberfläche keimen (S. 69). — Die Natur organisirt ihre Pflanzen und ihre Thiere, so wie es zu deren Bestehen nothwendig ist.

VII.

Das Holz und die Rinde der Bäume.

Das Holz der verschiedenen Bäume, uns zu zahllosen Zwecken unentbehrlich, unterscheidet sich durch mancherlei Eigenthümlichkeiten; wir können das Holz des einen Baumes nicht immer mit gleichem Vortheil für denselben Zweck, wie das Holz eines anderen benutzen. Die eine Holzart eignet sich für Wasserbauten besser als die andere; die eine Holzart nimmt eine schönere Politur an als die andere; die eine Holzart hat mehr Brennstoff als die andere. — Worauf beruhen diese Eigenthümlichkeiten?

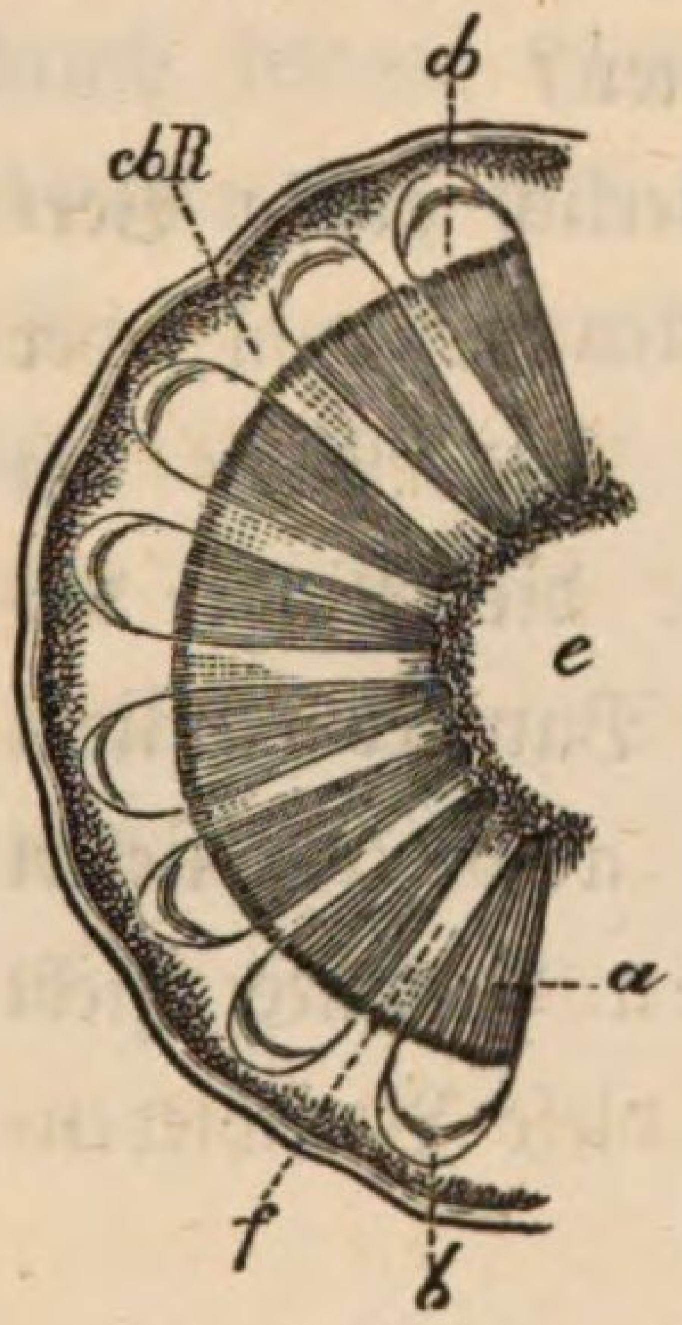
Die Rinde der Bäume bekundet schon äußerlich große Verschiedenheit; der eine Baum behält einen glatten Stamm, der andere zeigt eine rissige, abblätternde Borke. Die Rinde des einen Baumes ist für den Gerber brauchbar, die Rinde des anderen nutzt ihm wenig; der Rinde des einen Baumes entfließt ein caoutchouchaltiger Milchsaft, die Rinde des anderen liefert brauchbare Bastschichten; die Rinde des dritten Baumes giebt weder Bast noch Milchsaft. — Worauf beruhen diese Verschiedenheiten?

Die Ursache der wesentlichen Verschiedenheiten des Holzes und der Rinde liegt im innern Bau und in der chemischen Zusammensetzung; sehen wir deshalb zunächst, wie das Holz, wie die Rinde entsteht, und wie beide im Allgemeinen gebaut sind.

Das Holz unserer Bäume bildet sich aus dem Holzkörper der Gefäßbündel, welche durch ihr eignes Cambium, das im Verdickungsringe liegt, fortwachsen. Bei der Keimung (S. 62 u. 108) sahen wir das erste Auftreten der Gefäßbündel im Verdickungsring. Anfänglich, in der Keimpflanze sowohl, als im jungen Trieb der Knospe, durch die Zellen des Verdickungsringes, welche hier als ursprüngliche (primäre) Markstrahlen auftreten, getrennt (Taf. 1, Fig. 7), schließen sich die Gefäßbündel, indem sich ihr Holzkörper nach beiden Seiten hin vergrößert, immer dichter aneinander; jedes Bündel zerklüftet sich bei diesem seitlichen Wachsthum an bestimmten Stellen. Zwischen den ursprünglichen Markstrahlen, welche vom Marke bis zur ursprünglichen Rinde verlaufen, entstehen andere (secundäre) Markstrahlen, welche weder das Mark, noch die ursprüngliche Rinde erreichen.

Die Markstrahlen verlaufen nicht, wie man nach dem Querschnitt glauben könnte, parallel durch den ganzen Stamm, sie bilden vielmehr, wie ein Längsschnitt in bestimmter (tangentialer) Richtung zeigt, längere oder kürzere, breitere oder schmälere Zellenreihen, welche zwischen den lang gestreckten, senkrecht verlaufenden Zellen des Gefäßbündelkreises liegen (Taf. 6, Fig. 2 und 5 e).

Fig. 46.



Die Markstrahlen durchsetzen sowohl den Holzring, als die durch den Verdickungsring entstandene Rinde (Fig. 46). Die Zellen der Markstrahlen sind in der Regel in horizontaler Richtung langgestreckt, während die Zellen des Gefäßbündels in senkrechter Richtung gestreckt sind.

Die meisten Bäume sind mit Markstrahlen einerlei Art versehen, andere dagegen besitzen

Fig. 46. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Zweig von Cocculus laurifolius. a Holzkörper des Gefäßbündels. b Basttheil desselben. cb Cambium des Gefäßbündels. cbR Verdickungsring. e Mark. f ursprünglicher (primärer) Markstrahl. (Vergrößerung 25 mal).

breitere und schmälere Markstrahlen neben einander. Sind die Markstrahlen überhaupt breit und kurz, so ist der Verlauf der Holz- und Gefäßzellen um dieselben mehr geschlängelt, sind dagegen die Markstrahlen lang oder sehr schmal, so verlaufen letztere fast parallel.

Mit Ausnahme der Nadelhölzer und der Cycadeen enthält das Holz aller Bäume Gefäße; Spiralgefäße finden sich in der Regel nur in der Markscheide; bei den Nadelhölzern und Cycadeen erscheinen statt ihrer spiralförmig verdickte Zellen. Die später entstandenen, im geschlossenen Holzring liegenden Gefäße sind fast überall getüpfelt, seltener als Treppengefäße (S. 29) entwickelt.

Das Holz einiger Bäume enthält außer den eigentlichen Holzzellen und den Gefäßen noch eine besondere Zellenart, das Holzparenchym, welches in der Regel aus kürzeren Zellen besteht, die nicht, wie die Holzzellen, mit einer zugeschärften Spitze endigen. Dies Holzparenchym enthält sehr häufig Kohlenhydrate, z. B. Stärkmehl; es führt, gleich den Markstrahlen, längere Zeit, oft jahrelang, Säfte. Die eigentlichen Holzzellen und die Gefäße sind dagegen, vollständig ausgebildet, mit Luft erfüllt. Die Holzzellen sind in der Regel, ja wie ich vermuthe immer, getüpfelt (S. 22).

Im Holz einiger Nadelbäume finden sich Harzgänge, d. h. Räume, von nicht verholzten Zellen umgrenzt, welche ein anfangs flüssiges Harz in den erwähnten Raum ausscheiden (Taf. 6, Fig 4 d).

Der geschlossene Holzring wächst durch das Cambium seiner Gefäßbündel, welches im Verdickungsring liegt, entweder ohne Unterbrechung oder periodisch weiter. Nach der Weise, in welcher der Baum seine Säfte verbraucht, ändert sich die Ausbildung seines Holzes. Das im Frühling entstandene Holz unserer Bäume hat weitere, schwächer verdickte Zellen, als das im Herbst gebildete Holz; im Winter wächst der Holzring nicht weiter. Auf die engen stark verdickten Holzzellen des Herbstes folgen deshalb die weiten, schwach verdickten, Holzzellen des nächsten Frühlings; so entstehen die Jahresringe, welche, wenn der Baum ohne Unterbrechung fort-

wächst, fehlen. Das jüngere, in seinen Markstrahlen noch Saft führende Holz nennt man Splint, der ältere saftlose Theil wird Kernholz genannt.

Die Rinde der Bäume, ja aller dicotyledonen Pflanzen überhaupt, besteht aus zweierlei, ihrer Entstehungsweise nach wesentlich verschiedenen Theilen, aus der ursprünglichen (primären) Rinde, welche schon im Keim (S. 21 u. 108), desgleichen in der Anlage des neuen Triebes (S. 81) vorhanden ist, und aus einer nachgebildeten (secundären) Rinde, welche durch den Verdickungsring und das Cambium der Gefäßbündel entsteht.

Die ursprüngliche Rinde ist anfangs von einer Epidermis umgrenzt, unter welcher sich später in der Regel eine Korkart entwickelt; sie besteht im übrigen aus dem Nahrungsgewebe (Parenchym), das in der Regel Blattgrün enthält; die Markstrahlen durchsetzen diesen Theil der Rinde nicht, sie verlaufen sich gewissermaßen in dieselbe. In der ursprünglichen Rinde der Nadelhölzer entstehen die Harzgänge, welche hier genau wie im Blatte gebaut sind (S. 160).

Die nachgebildete Rinde ist, gleich dem Holzring, von Markstrahlen durchsetzt, in ihr entstehen die Bastbündel. Während sich der Holzring durch Bildung neuer Holzlagen vergrößert, erhält dieser Theil der Rinde, ebenfalls durch das Cambium der Gefäßbündel, welches mit dem Verdickungsring zusammenfällt (S. 33), neuen Zuwachs, es bilden sich neues Rindenparenchym und neue Bastbündel. Die nachgebildete Rinde entsteht gewissermaßen durch die äußeren Theile der Gefäßbündel, während die inneren Theile der Gefäßbündel den Holzring bilden.

Die angelegten Bastzellen werden nicht immer als solche vollständig ausgebildet. Manche Pflanze entwickelt nur im ersten Lebensjahr der Rinde vollkommen ausgebildete Bastzellen (die Buche, Platane, die Mistel u. s. w.); bei noch anderen Pflanzen werden dieselben niemals vollständig ausgebildet.

Unter der Oberhaut der ursprünglichen Rinde entsteht, meistens schon im ersten Lebensjahre des Zweiges, ein Korkgewebe; die Ober-

haut, häufig mit Haaren und Spaltöffnungen versehen, stirbt ab, der Kork ersetzt dieselbe. Aber nicht allein in der primären Rinde, auch im Nahrungsgewebe der secundären Rinde kann Kork entstehen. Alle Partieen, welche außerhalb des letzteren liegen, sterben ab, weil der Kork den Saftaustausch der äußeren Theile mit den inneren aufhebt. Die durch Korkbildung abgestorbenen Rindentheile bezeichnet man als Borke (rhytidoma).

Die Art der Borkenbildung, sowie die Art des Korkes selbst, ist nach den Bäumen sehr verschieden. Der Stamm der Birke ist mit einem abblätternden Lederkork (Periderma) bekleidet. Die Rinde der Tanne und Buche bedeckt ein nicht abblätternder Kork ähnlicher Art. Die Rinde der Kiefer bildet eigenthümliche sehr flache Borkenschuppen, die Rinde der Eiche, der Pappel u. s. w. entwickelt eine dicke rissige Borke.

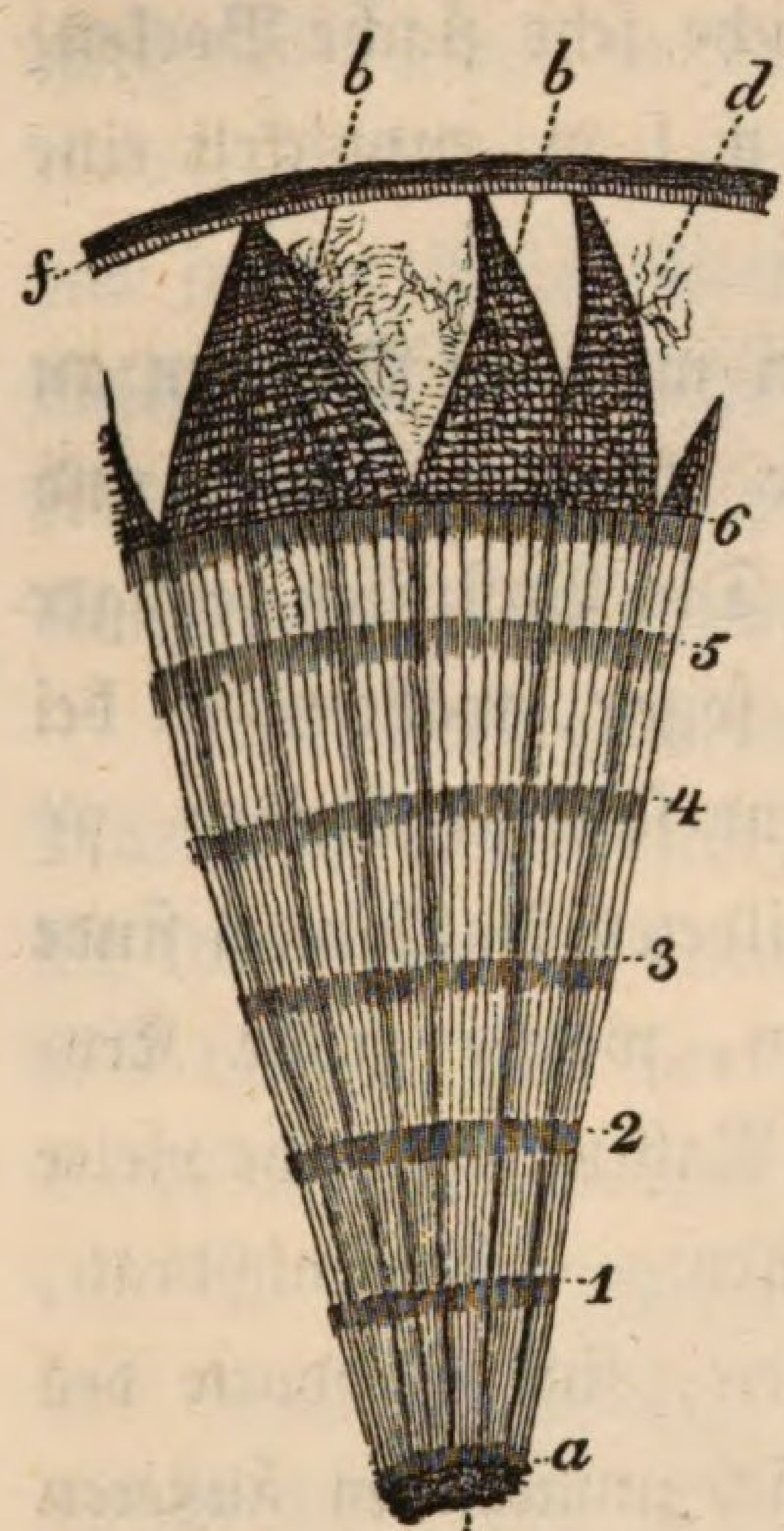
Das Parenchym der Rinde verholzt bei manchen Bäumen an bestimmten Stellen und in bestimmter Weise (bei der Buche und Platane), bei anderen verholzt es nicht. Die Bastzellen einiger Rinden verdicken sich stark, ja sie verholzen sogar, während sie bei anderen viele Jahre lang schwach verdickt und saftreich bleiben.

In der unmittelbaren Nähe der ausgebildeten Bastbündel finde ich bei allen Bäumen Reihen kurzer Zellen, welche große Krystalle, wahrscheinlich Gyps, enthalten. Im Nahrungsgewebe vieler Rinden zeigen sich noch außerdem Krystalldrusen. — Kohlenhydrate, z. B. Stärkmehl, auch Farbestoffe und Harze, sind Producte des Rindenparenchyms. Das Blattgrün findet sich zunächst im äußeren Umkreis der thätigen Rinde. Den Milchsaft, welcher Caoutchouc und Alkaloide, ja oftmals unter letzteren furchtbare Gifte enthält, erzeugen die Bastzellen, gewisser Pflanzen. Der Gerbstoff ist in der einen Rinde reichlich, in der anderen nur sparsam vertreten.

Das Cambium oder das fortbildende Gewebe zwischen der Rinde und dem Holz unserer Bäume besteht aus mehr oder weniger langgestreckten zartwandigen Zellen, welche durch fortdauernde Zellentheilung in bestimmter Weise nach der einen Seite neue Holz- und

Gefäßzellen, nach der anderen Seite neue Bastzellen und neues Rindenparenchym erzeugen. Die Holzzelle entsteht durch Längstheilung einer Cambiumzelle, es entstehen zwei von Anfang an langgestreckte Holzzellen; die Bastzellen entstehen durch eine ähnliche Längstheilung, jedoch scheinen häufig mehr als zwei Tochterzellen in einer Mutterzelle gebildet zu werden. Das Rindenparenchym, desgleichen die Zellen der Markstrahlen bilden sich, durch Längstheilung und bald darauf erfolgte Quertheilung, oder durch letztere allein, beide Zellenarten sind deshalb von Anfang an kürzer. Die Gefäßzellen entstehen direkt aus den Cambiumzellen, sie wachsen mehr in die Breite; während sich ihre Seitenwand verdickt, wird ihre Querwand allmälig aufgelöst. Der Holzring wächst durch das Cambium an seiner äußeren Seite, die Rinde wächst durch dasselbe Cambium an ihrer inneren Seite. Die äußeren älteren Theile der Rinde sterben entweder ab, oder sie leben fort. Im ersten Falle wird die Rinde rissig, ihre Borke wird in bestimmter Weise abgeworfen (bei den meisten Bäumen), im anderen Falle bleibt die Rinde glatt, sie dehnt sich, neue Zellen schieben sich nach bestimmter Anordnung zwischen die älteren; ein dehnbarer, längere Zeit fortlebender, Lederkork umkleidet solche Rinden (bei der Buche und bei der Tanne) (Fig. 47).

Fig. 47.



Nachdem wir gesehen, wie sich das Holz, wie sich die Rinde bilden und wie sie im Allgemeinen gebaut sind, verweilen wir zu-

Fig. 47. Querschnitt durch den Zweig der Linde. a Markscheide. b Basttheil der Gefäßbündel. d Nahrungsgewebe der Rinde. c Grenze zwischen Holz und Rinde (Gesammtcambium). e Mark. f ursprüngliche (primäre) Rinde. 1 — 6 Grenzen der Jahresringe (Vergrößerung 5 mal.

erst bei den bekannteren Holzarten. Während die Rinde nach dem Alter eines Zweiges wesentliche Verschiedenheiten zeigt, ändert sich die Beschaffenheit des Holzes, sobald der Stammtheil aufhört sich in die Länge zu strecken, nicht mehr; nur die Markscheide, als der zuerst entstandene Theil des Holzringes, ist in der Regel anders gebaut als das nachherige Holz. Die Markscheide bildet sich zu einer Zeit, wo sich der Stammtheil noch verlängert; das eigentliche Holz entsteht dagegen erst, wenn der Zweig oder Stamm nicht mehr in die Länge wächst. In der Markscheide aller Bäume finden sich deshalb Spiral- und Ringgefäße, während selbige im später entstandenen Holz der meisten Bäume fehlen. Auch bei dem Drachenbaum und denjenigen Palmen, welche ihren Stamm längere Zeit verdicken, sind die zuerst entstandenen Gefäßbündel anders gebaut, als diejenigen, welche sich später bilden. Erst wenn der Stammtheil sein Längswachsthum beendet hat, erscheinen bei dem Drachenbaum getüpfelte Holzzellen*). Die Ausbildung wirklicher Holzzellen, desgleichen netzförmig verdickter oder getüpfelter Gefäße, scheint mit dem Längswachsthum des Theiles, in welchem sie entstanden, nicht vereinbar; dagegen scheint das Spiral- und Ringgefäß dem Längswachsthum kein Hinderniß zu sein.

Das Holz der im Frühling aus dem Keim entstandenen Pflanze, oder des im Frühling aus der Knospe entstandenen Zweiges zeigt im Herbst schon alle ihm zukommenden Eigenthümlichkeiten; schon in dem jährigen Baum unterscheidet man Frühlings- und Herbstholz. Bei den Nadelhölzern, welche überhaupt Harzgänge im Holzring führen, sind selbige schon um diese Zeit vorhanden. Die folgenden Jahre ändern im Bau des Holzes nichts; der Frühling bildet nach wie vor weite, schwächer verdickte, der Herbst engere stärker verdickte, Holzzellen; der Holzring wächst, die Markstrahlen vermehren sich in bestimmter Weise; die Jahresringe bezeichnen die Zahl der Wachsthumsperioden.

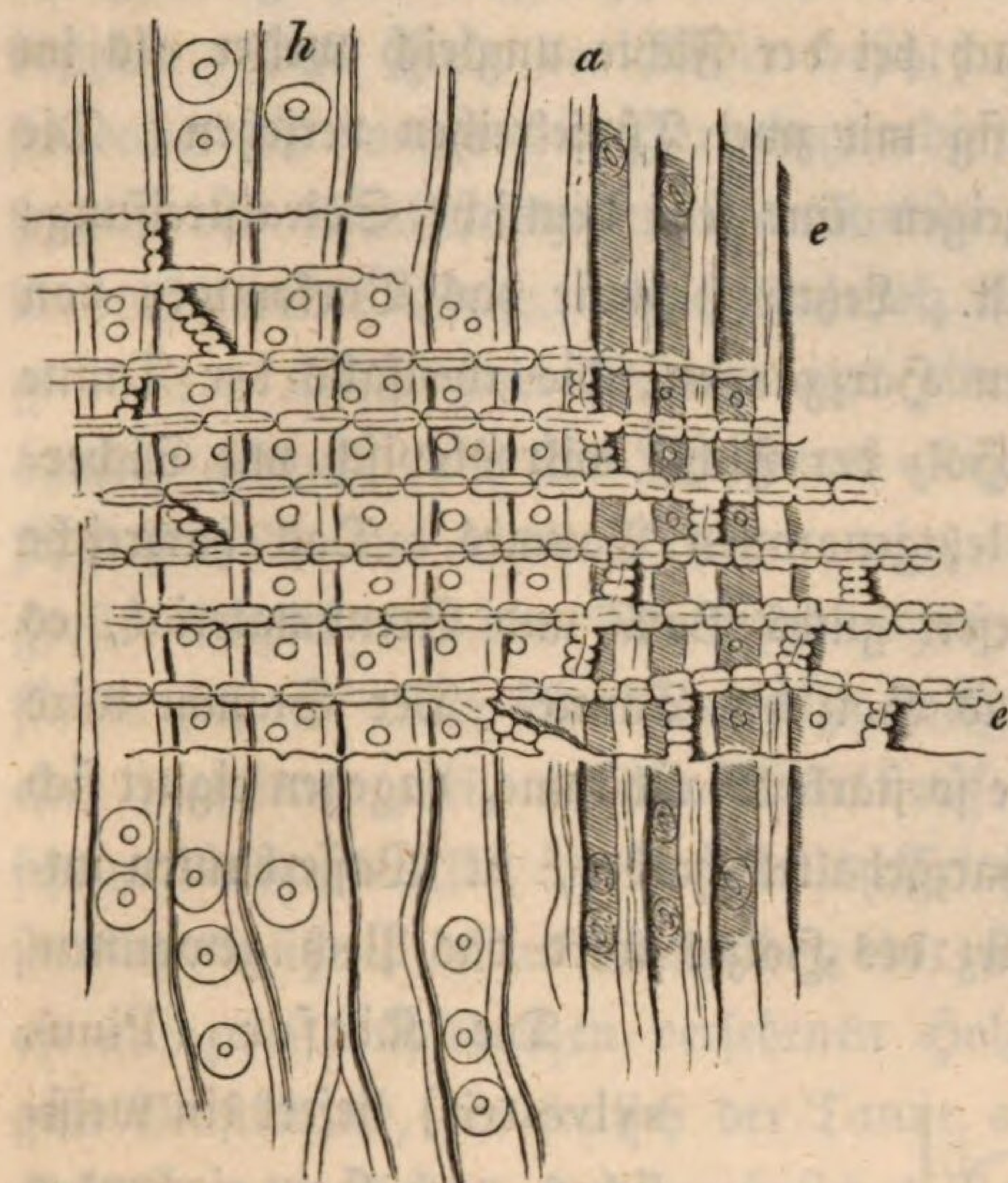
---

*) Siehe meine Pflanzenzelle S. 271. Taf. XVIII. Fig. 2 u. 4.

Das Holz der Nadelbäume und der Cycadeen ist einfacher gebaut als das Holz der Laubbäume, es fehlen die eigentlichen Gefäße; die Holzzellen sind weiter, als bei anderen Bäumen. In der Markscheide liegen statt der Spiralgefäße spiralförmig verdickte Zellen. Die Markstrahlen sind schmal, sie bestehen in der Regel nur aus einer Zellenreihe, die Holzzellen verlaufen deshalb fast senkrecht, das Holz spaltet sich aus diesem Grunde leicht. Das Holzparenchym fehlt, oder ist nur bei einigen Gruppen (bei den Taxineen und Cupressineen) in Gestalt vereinzelter harzerfüllter Zellen vertreten. Harzgänge im Holz, sowohl in senkrechter als wagrechter Richtung, sind nur den Nadelhölzern eigen. Schon mit bloßem Auge oder mit der Lupe erkennt man an der gleichartigen Beschaffenheit des Holzes das Fehlen der Gefäße, welche auf dem Querschnitt anderer Hölzer als größere oder kleinere Löcher erscheinen. Die Jahresringe der Nadelhölzer sind in der Regel stark markirt, das Herbstholz erscheint dunkler gefärbt. Das Holz der Nadelbäume ist je nach seiner eigenthümlichen Beschaffenheit und nach den Verhältnissen, unter welchen der Baum gewachsen, sehr verschieden. Das Stammholz des Eibenbaumes besitzt eine große Härte und ein entsprechendes Gewicht, das Wurzelholz der Lerche ist dagegen weich und leicht, das ältere Holz der Kiefer ist mit Harz durchtränkt, das Holz der Tanne ist frei von Harz. Nach der Beschaffenheit des Holzes ändert sich auch die Art seiner Verwerthung.

Das Holz der Tanne (Abies pectinata) ist weiß und ziemlich fest, die Grenze der Jahresringe ist markirt, es ist fast geruchlos, ihm fehlen die Harzgänge; die ziemlich langen Markstrahlen bestehen aus einer Zellenreihe. Die Holzzellen der Wurzel sind fast doppelt so weit als im Stamm, sie sind in der Regel mit 2 Tüpfelreihen versehen, während die Holzzellen des Stammes immer nur eine Tüpfelreihe besitzen. Die Markstrahlen sind in gewöhnlicher Weise verdickt (Fig. 48). Das Holz der Tanne spaltet sehr leicht und in sehr dünnen Blättern; die Schachteln

Fig. 48.



werden fast einzig und allein aus diesem Holz verfertigt, auch zu Resonanzböden musikalischer Instrumente ist es, durchaus harzfrei, sehr geeignet. Die starken, sich nach dem Gipfel zu nur ganz allmälig verschmälernden, Stämme der Tanne liefern vortreffliche Mastbäume, desgleichen Stützbalken und Mühlenwellen. Ihr Holz besitzt nicht die Tragkraft als das minder elastische Holz der Kiefer und Fichte; um die Biegung der Stämme aufzuheben, legt man deshalb beim Brückenbau zwei Tannenstämme, welche vorher an einer Seite sägenartig zugerichtet sind, so übereinander, daß jeder Zahn des einen Stammes in die Vertiefung zwischen zwei Zähne des anderen Stammes greift. Nach Bechstein*) soll das alte Tannenholz alle anderen Bauhölzer an Dauer übertreffen und nach 300 bis 500 Jahren noch „knochenfest" erscheinen. Als Brennholz steht die Tanne der Fichte nach.

Das Holz der Fichte (Picea vulgaris Link), ist nicht so weiß als das Holz der Tanne, es riecht harzig; an Härte und Festigkeit gleicht er etwa dem letzteren. Die Markstrahlen sind

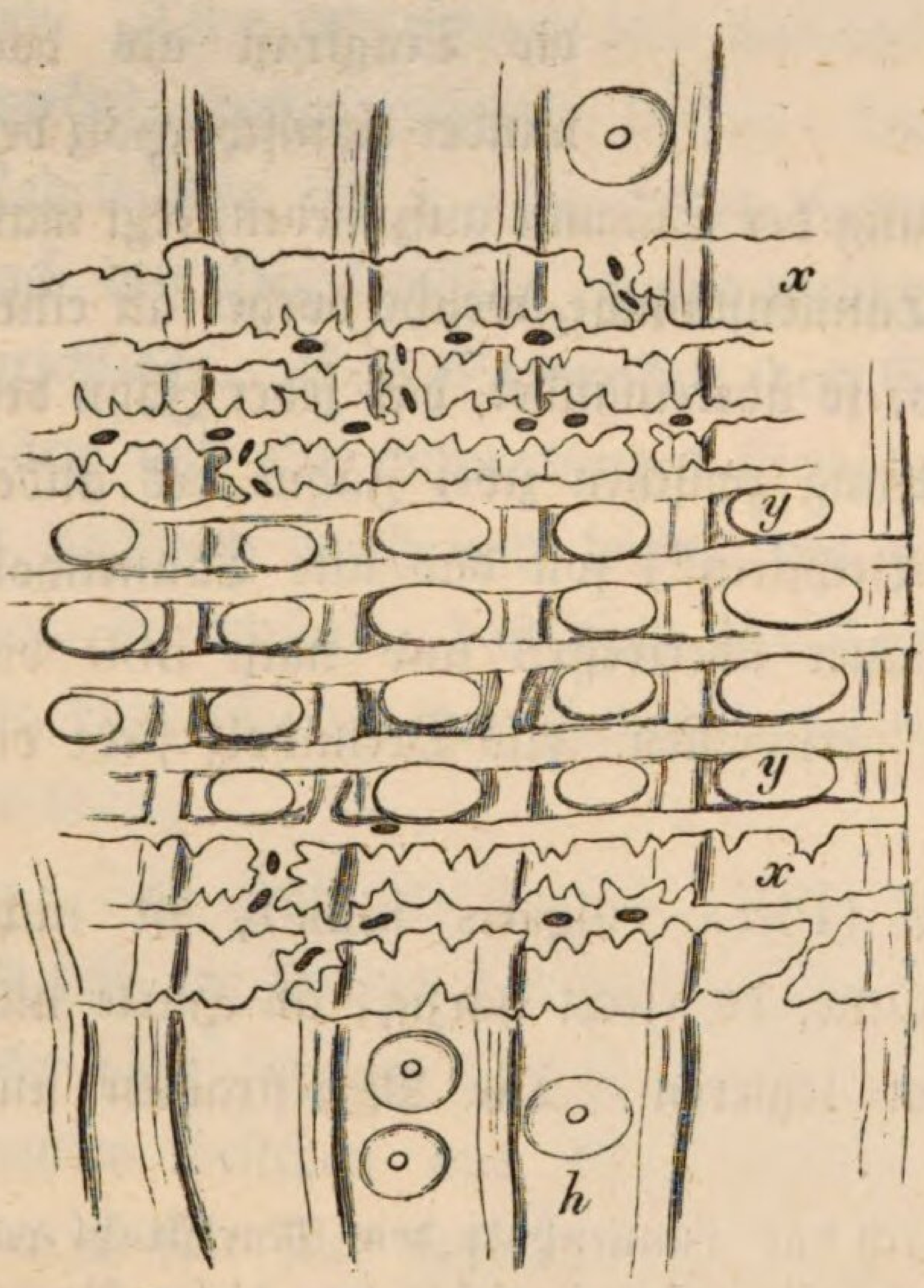
Fig. 48. Längsschnitt durch das Tannenholz dem Markstrahl parallel geführt. a die Grenze eines Jahresringes, rechts von dieser Grenze Herbstholz, links Frühlingsholz (h). e die Zellen der Markstrahlen (Vergrößerung 200 mal).

---

*) Bechstein. Forst- und Jagdwissenschaft. Bd. I. S. 765.

einreihig, ziemlich lang und der Tanne ähnlich verdickt. Die Holzzellen der Wurzel sind auch bei der Fichte ungleich weiter als im Stamm und deshalb häufig mit zwei Tüpfelreihen versehen. Die Zellen des Herbstholzes zeigen eine sehr deutliche Spiralstreifung; welche bei der Tanne fehlt. Letztere, sowie das Vorkommen von senkrechten und wagrechten Harzgängen, die ebenfalls der Tanne fehlen, unterscheiden das Holz der Fichte mikroskopisch mit Sicherheit von dem Holz des letztgenannten Baumes. Das harzreiche Holz der älteren Fichte liefert gutes Bau- und Brennmaterial, es ist weniger elastisch als das Holz der Tanne. Der Stamm wird nicht so dick, er liefert keine so starke Mastbäume, dagegen eignet sich das Fichtenholz, seines Harzgehaltes halber, zu Wasserbauten ungleich besser. Aus dem Harz des Holzes wird das Pech gewonnen.

Fig. 49.



Die Kiefer (Pinus sylvestris) liefert ein weißliches, nach Harz riechendes Holz, dessen Härte bisweilen die beiden vorher genannten Holzarten übertrifft. Die Markstrahlen sind einreihig, aber viel kürzer als bei der Tanne und Fichte (etwa 8 Zellen). Die oberen und unteren Zellenreihen der Markstrahlen zeigen, auf Längsschnitten, den letzteren parallel geführt, zierliche Verdickungen (Fig. 49), während die mittleren Zel-

Fig. 49. Längsschnitt durch das Kiefernholz, dem Markstrahl parallel geführt. h Getüpfelte Holzzelle des Frühlingsholzes. y Die mittleren Markstrahlzellen mit großen Tüpfeln, scheinbaren Löchern. x Die äußeren Markstrahlzellen, zierlich verdickt. (200 mal.)

lenreihen große Tüpfel*), welche scheinbar als Löcher auftreten, besitzen. Das Holz der Kiefer besitzt, gleich der Fichte, sowohl senkrechte als wagerechte Harzgänge; die vorhin erwähnte Beschaffenheit der Markstrahlzellen charakterisirt dagegen das Kiefernholz in entschiedener Weise. Das Knieholz (Pinus Pumilio), welches gleich der Kiefer zwei Nadeln aus einer Scheide entwickelt, ist ähnlich gebaut; auch die Weymouth-Kiefer (Pinus Strobus), mit fünf Nadeln aus einer Scheide, zeigt derartige, jedoch nicht so große Tüpfel in den Markstrahlreihen, ein bis vier derselben finden sich auf einer Markstrahlzelle, während beim Kiefernholz nur ein, höchstens zwei, solcher Tüpfel auf eine Zelle kommen. Es scheint, als ob alle ächten Pinus-Arten ähnlich gebaute Markstrahlen besitzen. Das Wurzelholz der Kiefer besteht aus weiten, oft mit zwei Tüpfelreihen versehenen Holzzellen. Die Kiefer liefert gute Mastbäume, die freilich der Tanne an Höhe und Stärke nicht gleichkommen, ferner ein vorzügliches Bauholz, das wegen seines Harzgehaltes auch für Wasserbauten tauglich ist; als Brennholz steht es etwa der Fichte gleich. Aus dem Holz der Kiefer wird der Theer geschweelt. Das Holz der Wurzel, ungleich harzreicher als das Holz des Stammes, liefert den Kienspahn zum Anzünden, es ist zum Theerschweelen besonders geeignet.

Das junge Holz der Lerche (Larix europaea) ist weißlich, das Kernholz dagegen gelbröthlich gefärbt, zumal in der Wurzel; in diesem Zustande ist es fester als im jugendlichen. Die Markstrahlen sind einreihig und lang (bis 12 Zellen), ihre Zellen sind ähnlich wie bei der Tanne (Fig. 48, S. 201) verdickt; es sind sowohl senkrechte als wagerechte Harzgänge vorhanden. Die Jahresringe sind in der Regel breiter als bei den vorhin genannten Nadelbäumen, der Stamm verdickt sich demnach schneller; die Lerche, mit zahlreichen Nadeln bekleidet, macht, wie es scheint, mehr Holz als andere Nadelbäume. Die Zellen des Herbstholzes sind, wie bei der

*) Vergleiche meine Pflanzenzelle S. 197 u. ff.

Fichte, mit einem dicht gewundenen Spiralband versehen. Das Holz der Wurzel, gelblich gefärbt, besteht zum größten Theil aus sehr weiten Frühlingszellen, welche oftmals drei Tüpfelreihen besitzen und nicht selten viermal so breit als die entsprechenden Holzzellen im Stamme auftreten; das Wurzelholz der Lerche ist deshalb sehr leicht. — Das Holz der Lerche ist sowohl zu Land- als Wasserbauten, desgleichen als Brennmaterial sehr anwendbar. Nach Bechstein soll es im Wasser härter als Eichen- und Erlenholz werden, auch zum Schiffsbau sehr tauglich sein.

Der Eibenbaum (Taxus baccata) liefert ein sehr festes, schweres Holz, das sehr langsam wächst, sehr schmale Jahresringe ansetzt und statt der Harzgänge vereinzelte, dem Holzparenchym entsprechende, Harzzellen besitzt. Seine Holzzellen zeigen sämmtlich ein sehr weitgewundenes Spiralband; die langen Markstrahlen sind einreihig. Das Holz wird von den Drechslern sehr gesucht, es erhält eine schöne Politur, schwarz gebeizt ist es als deutsches Ebenholz bekannt; es ist fast unvergänglich.

Mit Harz erfüllte Holzparenchymzellen*) scheinen nur denjenigen Nadelhölzern eigen, welchen die Harzgänge fehlen, z. B. den Taxineen und Cupressineen, desgleichen der Ceder; im Holz der Tanne fehlen beide. Wirkliche Gefäße, welche allen wahren Nadelhölzern mangeln, zeigen sich zuerst bei Ephedra. Die wirklichen Löcher in der schief gestellten Querwand der Gefäßzellen sind für Ephedra charakteristisch. — Gnetum, ein tropischer Baum, besitzt ebenfalls Gefäße, welche wir bei keinem Laubholz vermissen. Die Gefäßzellen der Ephedra bilden gewissermaßen den Uebergang von der Holzzelle zur Gefäßzelle, sie sind mit zwei Tüpfelreihen versehen, während die Holzzellen, halb so breit, nur eine Tüpfelreihe besitzen. Ephedra bleibt strauchartig, ihr Holz hat deshalb keinen Werth. Das Holz von Gnetum ist noch ziemlich unbekannt.

Das Holz der Eiche (Quercus pedunculata) besitzt Mark-

---

*) Th. Hartig's Zellenfaser.

strahlen zweierlei Art, breitere und schmälere; erstere sind auf einem Querschnitt, desgleichen auf einem Längsschnitt gegen die Markstrahlen geführt, schon mit unbewaffnetem Auge deutlich sichtbar. Auf dem erwähnten Längsschnitt erscheinen sie als kleine, schmale, senkrechte, in gewissen Entfernungen neben einander liegende, Striche, der Tischler kennt selbige als Spiegelfasern. Das frische Holz, von gelblicher Farbe, dunkelt an der Luft sehr schnell; es ist fest, ziemlich schwer und wächst nur langsam; unter der Lupe erscheint es, wegen seiner großen Gefäße, sehr porös. Das Holz der Eiche besteht aus stark verdickten Holzzellen, weiteren und engeren getüpfelten Gefäßen, zwischen welche, gruppenweise zerstreut, Holzparenchym auftritt. Die schmalen Markstrahlen sind einreihig, bis 16 Zoll lang, die breiten Markstrahlen, sparsamer als bei der Buche vertreten, sind ungleich länger als bei letztgenanntem Baume; der Verlauf der Holzzellen schlängelt sich deshalb bei der Eiche nicht in dem Maße wie bei der Buche. Das Mark des Stammes und der Zweige ist fünfeckig, das Mark der Wurzel ist rund; das Holz der letzteren ist leichter als das Holz des Stammes, alle Zellenarten in demselben sind weiter; die Holzzellen zeigen in der Wurzel zwei Tüpfelreihen, während sie im Stamm nur eine besitzen. Die Zellen des Markes verholzen späterhin; sie führen, gleich den Zellen der Markstrahlen und des Holzparenchyms, im frischen Zustande Stärkemehl. — Das Holz der Eiche wird als Bau- und Nutzholz, insbesondere zum Schiffsbau und zu den Schwellen der Eisenbahnen vielfach angewendet, es scheint für bestimmte Zwecke von keinem anderen Holz ersetzt zu werden; sein großer Gerbstoffgehalt (es schwärzt im frischen Zustande die Messerklinge) bedingt vielleicht zum Theil seine Dauerhaftigkeit. Als Gebälk alter Gebäude ist das Eichenholz, vor Nässe geschützt, oft nach vielen hundert Jahren unversehrt erhalten, desgleichen erhält es sich unter dem Wasserspiegel vortrefflich. Das Holz eines vor mehreren hundert Jahren versunkenen Schiffes, von Wasser bedeckt, war nicht verfault, vielmehr steinhart geworden; dagegen wird der Eichbaum selbst leicht mark-

faul. Tiefe Verletzungen des Stammes oder der Aeste genügen, um diese Fäulniß einzuleiten. Es scheint, als ob das längere Einwirken der Nässe, verbunden mit dem Einfluß der Atmosphäre, auf eine Wundfläche des Baumes die Fäulniß seines Holzes herbeiführt, die Gegenwart des Stärkemehls im Holzparenchym, im Mark und in den Markstrahlen der Eiche erklärt dies zur Genüge.

Um die Fäulniß zu verhindern, tränkt man seit einigen Jahren die Eisenbahnschwellen mit verschiedenen Metallsalzen, z. B. mit schwefelsaurem Eisenoxydul (Eisenvitriol), mit schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol), oder mit Zinkchlorid (salzsaurem Zinkoxyd). Getränktes Eichen- und Kiefernholz zeigte mir wohl auf der Außenfläche, desgleichen im Splint (im jungen noch Saft führenden Holz) durch chemische Reagentien unter dem Mikroskop die eingedrungene Metalllösung; tiefer im Innern des Holzes konnte ich dagegen weder durch Kalium-Eisencyanid (rothes Blutlaugensalz) Eisen, noch durch Kalium-Eisencyanür (gelbes Blutlaugensalz) Kupfer mit Sicherheit nachweisen. Das mit Eisenvitriol getränkte Eichenholz war nur an seiner Oberfläche geschwärzt, im Innern besaß es seine gewöhnliche Färbung. Die inneren Partieen genannter Hölzer lieferten verkohlt und in Asche verwandelt ebenfalls keine deutliche Spuren vorhandener Metallsalze. Die Metalllösungen scheinen demnach nur oberflächlich in das Holz zu dringen, nicht aber die getränkten Schwellen ganz zu durchziehen. Eine oberflächliche Tränkung mag auch vollständig genügen, da das Innere der Hölzer ohnehin nicht mit der äußern Luft in Berührung kommt; nur darf in solchem Falle die getränkte Schwelle nicht weiter behauen oder verkürzt werden.

Das sehr harte Holz der **Buche** (Fagus sylvatica) ist gelblich gefärbt, auf dem Querschnitt von hellen **breiteren** Markstrahlen durchsetzt, welche auf dem Längsschnitt gegen dieselben als kurze, braune, längliche, senkrecht gestellte Flecken auftreten und dies Holz genügend auszeichnen. Die **breiten** Markstrahlen, viel zahlreicher aber ungleich kürzer als bei der Eiche, bedingen einen mehr geschlungenen Verlauf der Holzzellen, die **schmalen** Markstrahlen

bestehen aus 1 bis 2 Zellenreihen, sie sind selten über 12 Zoll lang. Zwischen den engen, sehr stark, fast zum Verschwinden des innern Raumes, verdickten Holzzellen liegen getüpfelte, ziemlich enge Gefäße, selten mit einer leiterförmig durchbrochenen Querwand, häufiger mit einem runden Loch in der Querwand versehen, und außerdem sehr sparsam vertheiltes Holzparenchym. — Bei der Buche sind die Holzzellen, eng und stark verdickt, vorwaltend, daher die große Härte und die große Hitzkraft dieses Holzes. Das Holzparenchym, die Markstrahlen und das Mark der Buche führen im frischen Zustand Stärkmehl. Das Holz der Wurzel ist leichter, seine Zellen sind sämmtlich weiter und schwächer verdickt, die Buche macht, wie alle Bäume mit sehr festem Holz, nur schmale Jahresringe. Das Buchenholz ist wegen seiner brüchigen Beschaffenheit, die wahrscheinlich zum Theil auf einer besonderen Modification seines Holzstoffes beruht, als Bauholz im allgemeinen nicht anwendbar, dagegen ist es beim Schiff-, Mühlen- und Wagenbau für bestimmte Zwecke, z. B. als Radkreuz der Wagen- und Mühlenräder, sehr brauchbar; als Brennholz verdient es den ersten Rang unter allen Holzarten, es hat die meiste Hitzkraft. Unter Wasser hält es sich gleich dem Eichenholz vortrefflich.

Die der Buche nahverwandte ächte Kastanie (Castanea vesca) liefert ebenfalls ein festes, dauerhaftes Holz, welches in seinem Bau der Buche entspricht, dem jedoch die breiten Markstrahlen fehlen. Die Querwand der getüpfelten Gefäße ist, wie bei der Buche, in der Regel mit einem runden Loch versehen, leiterförmig durchbrochene Querwände finden sich auch hier nur selten.

Die Hainbuche (Carpinus Betulus) besitzt ein der Buche an Härte fast gleichkommendes Holz, dem sowohl die breiten Markstrahlen, als auch das Holzparenchym fehlen, dessen sehr enge Holzzellen dagegen, wie bei der Buche, sehr stark verdickt sind. Die ziemlich weiten Gefäße dieses Holzes zeigen auf recht zarten Längsschnitten ein ziemlich flaches Spiralband. Die großen Tüpfel der Gefäße liegen dicht neben einander, die Querwand der Gefäßzellen

ist von einem runden Loch durchbrochen, die mäßig langen Markstrahlen sind 1 bis 2 Zellenreihen breit. Die Grenze der Jahresringe erscheint, wie bei der Mehrzahl der festen Hölzer, unter dem Mikroskop nur schwach markirt. — Das Holz der Hainbuche wird, seiner Härte wegen, zu Kammrädern, zu Schrauben und vielen anderen Zwecken verwerthet, es steht an Brennkraft der Buche wenig nach, als Bauholz wird es nicht benutzt; es erhält eine schöne Politur.

Die Rüster (Ulmus campestris) besitzt einen weißen Splint, dagegen ein bräunlich gefärbtes sehr festes Kernholz. Die Holzzellen liegen bandartig zwischen Holzparenchym und weiten Gefäßen, letztere sind getüpfelt, das Holzparenchym ist überdies noch spiralförmig verdickt. Die Querwand der Gefäßzellen ist von einem runden Loch durchbrochen. Die Jahresringe sind durch die Bänder des Holzparenchyms undeutlich geworden. — Das sehr feste Kernholz wird zu Wagner- und Tischlerarbeit vielfach benutzt; zu Wasserbauten ist es, gleich der Eiche, sehr geeignet; während die Buche leicht vom Wurmfraß leidet, wird das Ulmenholz von Würmern nicht beschädigt. Venedig soll auf einem Pfahlwerk von Ulmen- und Erlenstämmen ruhen. Als Brennholz steht die Ulme der Buche nach.

Auch der Ahorn (Acer campestre) und die Esche (Fraxinus excelsior) liefern ein festes, dauerhaftes Holz mit schmalen, 1 bis 2reihigen Markstrahlen, ohne Holzparenchym. Die Gefäße des Ahorns sind getüpfelt und wie bei der Hainbuche spiralig gestreift; bei der Esche ist diese Streifung schwächer angedeutet. Das Holz der letzteren wird zu mancherlei Tischlerarbeiten benutzt, desgleichen von Wagnern und Rudermachern verarbeitet, als Brennholz steht es der Buche nur wenig nach. Das Holz der Ahornarten findet ähnliche Verwendung.

Der Buchsbaum (Buxus sempervirens) besitzt vielleicht das festeste aller Hölzer. Die Grenze der Jahresringe, als dunkel gefärbtes Band ohne Lupe sehr deutlich, wird unter dem Mikroskop, weil selbst das Frühlingsholz schon stark verdickt ist, kaum bemerkbar.

Die Markstrahlen bestehen aus 1 bis 3 Zellenreihen; die Gefäßzellen sind eng, nur sparsam, mit sehr kleinen Tüpfeln und einer leiterförmig durchbrochenen Scheidewand versehen; die ziemlich weiten Holzzellen sind sehr stark verdickt. Das Buchsbaumholz wird für die Anfertigung der Holzschnitte sehr wichtig; das ihm an Härte und Dichtigkeit entsprechende Holz des Eibenbaumes (Taxus) könnte dasselbe vielleicht für diesen Zweck ersetzen. Die besten Buchsbaumstämme kommen aus Süd-Frankreich und Italien.

Unsere Obstbäume (Pyrus- und Prunus-Arten) geben ein gutes, insbesondere für Tischlerarbeiten (zu Mobilien) brauchbares Nutzholz, das eine schöne Politur annimmt und bei dem Apfel-, Birn-, Kirsch- und Pflaumbaum, dem Mahagoniholze ähnlich, geflammt erscheint. Das Holz der vier genannten Bäume besitzt abwechselnde Bänder von Holzparenchym und Holzzellen; beim Apfel- und Birnbaum sind diese Bänder breiter, das verarbeitete Holz ist deshalb breiter und deutlicher geflammt als beim Kirsch- und Pflaumbaum, wo das Holzparenchym sehr schwach vertreten ist. Die Gefäße sind getüpfelt; bei dem Kirsch-, dem Pflaum- und dem Faulbaum, desgleichen, wie es scheint, bei allen Prunus-Arten, sind dieselben überdies mit einem zierlichen Spiralbande versehen.

Dem Holz der Wallnuß fehlt das Holzparenchym.

Das Holz unserer Obstbäume ist ungleich weicher als das Holz der vorhin besprochenen Laubbäume.

Die Birke (Betula alba) liefert ein weiches, aber zähes Holz, mit ziemlich weiten, aus kurzen Zellen bestehenden, sehr klein und dicht getüpfelten, Gefäßen, deren Scheidewände leiterartig durchbrochen sind. Die Markstrahlen sind kurz und 1 bis 4 Zellenreihen breit. Die Jahresringe sind stark markirt. Das Holz wird zu Drechsler- und Schnitzarbeiten verwendet.

Das Holz der holzartigen Leguminosen scheint sich in allen Fällen durch die Gegenwart eines sehr entwickelten, bandartig angeordneten Holzparenchyms, meistens auch durch kurze und verhält-

nißmäßig breite Markstrahlen, sowie durch weite Gefäße auszuzeichnen. Der Verlauf der Holzzellen und der Gefäße ist in letzterem Falle ein geschlungener. Bei Ulex, Spartium und Genista ist das Holzparenchym mit zierlichen Spiralbändern versehen; bei Robinia, Gleditschia, bei Haematoxylon Campechianum (dem Campecheholz), bei Caesalpinia ecchinata (dem Fernambucholz) fehlt das Spiralband des Holzparenchyms. Die Holzzellen genannter Hölzer sind in der Regel stark verdickt, die Zellen des Holzparenchyms haben ungleich schwächere Wandungen.

Auch das Mahagoni- und Polysanderholz hat bandartig angeordnetes Holzparenchym ohne Spiralband, desgleichen weite Gefäße. Das geflammte Ansehen dieser Hölzer wird durch das Holzparenchym, welches bei der Beize eine andere Färbung als die Holzzellen gewinnt, hervorgerufen. Die maserige, d. h. die verschlungene, scheinbar unregelmäßige Beschaffenheit der Fournituren dieser Hölzer wird, wie die Maser überhaupt, durch den Austritt vieler Zweige veranlaßt, welche den regelmäßigen Verlauf der Holzzellen mehr oder weniger stören. Die dunklen Punkte und Striche in den polirten Hölzern dieser Art sind durchschnittene Gefäßzellen.

Das Ebenholz (von Diospyros Ebenum), desgleichen das Holz der Billardstöcke, wahrscheinlich einer Acacie angehörig, ist als Splint- oder junges Holz weißlich oder hell gefärbt, erst das Kernholz färbt sich dunkel; das ältere Ebenholz ist völlig schwarz. Untersucht man diese Hölzer an derjenigen Stelle, wo der helle Splint- in das dunkle Kernholz übergeht, so findet man sämmtliche Zellen derselben von innen her mit einer schwarzen kohlenartigen Masse ausgekleidet, letztere dringt sogar in die Porenkanäle und in die Tüpfelräume der Gefäßzellen, welche nunmehr wie mit einer schwarzen Farbemasse ausgespritzt, den injicirten Präparaten des Thierreiches ähnlich, erscheinen. Diese von innen her, wahrscheinlich zunächst durch den Inhalt und die innerste nicht verholzte Verdickungsschicht (siehe S. 25) der Zellen, veranlaßte Verkohlung greift mehr und mehr um sich, die Zellen des Kernholzes erscheinen

allmälig durch ihre ganze Wand braunschwarz gefärbt. Die Verkohlung beginnt, wie es scheint, im Holzparenchym, sie pflanzt sich von dort auf die Holzzellen und Gefäße über. Das Holzparenchym enthält, wie uns bekannt, häufig Kohlenhydrate, welche leicht eine chemische Umänderung erleiden. Kocht man kleine Splitterchen des schwarzen Ebenholzes mit Kalilauge, so färbt sich letztere braun, aber selbst durch längeres und wiederholtes Kochen mit erneuerter Lauge läßt sich die schwarze Färbung nicht vollständig entfernen. — Nach Mulder enthält das Kernholz der Bäume überhaupt Ulminsäure. — Die mitgetheilte Beobachtung, am Ebenholz und an einigen nicht sicherer bestimmten Mimosen-Hölzern gemacht, scheint Mulders Ausspruch zu bestätigen und wenigstens die Umwandlung der Holzsubstanz gewisser Hölzer in eine Humuskohle zu beweisen. Die schwarze Färbung des Ebenholzes beruht allein auf dieser Umwandlung; die dunkle Färbung des Kernholzes anderer Holzarten, z. B. der Eiche, möchte in einer ähnlichen chemischen Veränderung der Holzsubstanz der Zellen gleichfalls ihre Ursache finden. Die einreihigen Markstrahlen des Ebenholzes sind mit großen Krystallen, welche der Gestalt und dem chemischen Verhalten nach dem Gyps entsprechen, erfüllt.

Hölzer von geringerer Härte liefern die Weiden- und Pappelarten. Die Holzzellen beider (Salix fragilis und Populus nigra) sind weit und schwach verdickt, die getüpfelten Gefäße sind von einem runden Loch durchbrochen (bei einer anderen Weidenart glaube ich einmal leiterförmige Scheidewände gesehen zu haben). Hartig giebt eine Abbildung derselben*). Die einreihigen Markstrahlen sind bei der Weide kürzer als bei der Pappel. Das Holz beider Bäume ist anatomisch schwer zu unterscheiden; es wird zur Anfertigung mancherlei Geräthe, weniger als Bauholz, benutzt. Die Kohle der Aspe (Populus tremula) dient zur Bereitung des groben Schießpulvers. — Die schlanken Zweige der Korbweide

*) T. Hartig, Naturgesch. d. forstlichen Culturgewächse. Taf. 53, Fig. 3.

(Salix viminalis) sind als Bandholz, desgleichen zu Flechtwerken, sehr geeignet.

Das Holz der Erle (Alnus glutinosa) und der Haselnuß (Corylus Avellana) stehen anatomisch einander sehr nahe. Auf dem Querschnitt glaubt man mit bloßem Auge, wie bei der Eiche und Buche, breite Markstrahlen zu sehen; letztere sind aber bei mikroskopischer Untersuchung nicht vorhanden. Die hellen, vom Mark zur Rinde durch den Holzring verlaufenden, Streifen werden durch Holzpartieen, denen die Gefäße gänzlich fehlen, hervorgerufen. Die wirklichen Markstrahlen sind, sowohl bei der Erle als bei der Haselnuß, einreihig; die zahlreichen, aber, wie bereits erwähnt, nur an bestimmten Stellen im Holzringe vorhandenen Gefäße sind sehr dicht und klein getüpfelt, die schiefgestellte Querwand ist leiterförmig durchbrochen. Die Rinde beider Bäume bildet späterhin nur innerhalb der scheinbaren breiten Markstrahlen neue Bastzellen. Das Holz der Haselnuß ist fester als das Holz der Erle, die Sparren der leiterförmigen Scheidewände seiner Gefäßzellen sind weiter entfernt als bei der Erle. Die Markstrahlen des letztgenannten Holzes sind mit einem braunrothen Stoff erfüllt, das frische, weiße, Holz färbt sich an seiner Oberfläche sehr bald braunroth, was bei dem Haselholz niemals geschieht. Das Holz der Erle ist, da es sich unter dem Wasser sehr lange erhält, zu Wasserbauten sehr geeignet; der Witterung preisgegeben, fault es sehr leicht. Seiner weichen Beschaffenheit halber wird es zu verschiedenen Drechsler-, Tischler- und Schnitzarbeiten verwendet; als Brennholz hat es nicht den Werth der Buche, doch ist es ungleich besser als Weide und Pappel. Die schlanken Schüsse des Haselnußstrauches werden zu den allerfeinsten Flechtarbeiten benutzt.

Die Linde (Tilia parviflora) und die Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) besitzen ein leichtes, weißes, Holz. Die Querwand der getüpfelten Gefäße desselben ist von einem runden Loch durchbrochen; bei der Roßkastanie sind nur sehr zart entwickelte Spiralbänder, den Prunus-Arten entsprechend, vorhanden; die

Gefäße der Linde sind dagegen mit einem sehr stark entwickelten, entfernt gewundenen, Spiralbande versehen. Die Holzzellen beider sind weit und schwach verdickt. Das Holz der Linde wird von Tischlern, Drechslern, Schnitzern und Bildhauern vielfach benutzt; das Holz der Roßkastanie ist für ähnliche Zwecke brauchbar. Im Wasser faulen beide Hölzer leicht.

Der Weinstock (Vitis vinifera) besitzt ein höchst eigenthümliches Holz. Sehr lange und breite Markstrahlen durchsetzen den Holzring, welcher spiralförmig verdickte, lange Holzzellen und ein Holzparenchym ohne Spiralband enthält. Die wagrechten Querwände der kurzen Zellen dieses Holzparenchyms sind so zart, daß man sie leicht übersehen kann. Die weiten Gefäße des Weinstocks zeigen alle Uebergangsformen vom Spiralgefäß durchs Treppengefäß zum getüpfelten Gefäße. Sowohl die breiten Markstrahlen als die Markscheide und das Holzparenchym des Weinstocks sind im Winter mit Stärkmehl dicht erfüllt. Das starke Bluten des Weinstocks im Frühling erklärt sich demnach aus der großen Menge der im Stamm aufgehäuften Nahrungsstoffe, welche im Frühling verflüssigt, eine lebhafte Wasseraufnahme aus dem Boden hervorrufen.

Die Platane (Platanus occidentalis) endlich besitzt ein weißes, ziemlich festes aber leichtes Holz, das, gleich dem Weinstock, schon mit unbewaffnetem Auge seine Markstrahlen zeigt. Letztere sind, wie beim Weinstock, breit und lang; die breiten Holzbündel enthalten neben stark verdickten Holzzellen sehr zahlreiche getüpfelte Gefäße mit leiterfömig durchbrochener Querwand, desgleichen ein Holzparenchym, das nur auf dem tangentialen Längsschnitt deutlich sichtbar wird. Die Holzzellen sind nicht wie beim Weinstock spiralig gestreift. Die Markstrahlen des frischen Holzes enthalten viel Stärkemehl; die Grenze der Jahresringe ist markirt; die Reihen der Herbstzellen sind sparsam. Das Holz der Platane soll eine sehr gute Politur annehmen.

Blicken wir jetzt, nachdem uns der innere Bau und die technische Verwendung unserer wichtigeren Nutzhölzer bekannt ist, rück-

wärts auf die Beziehungen der Structur, sowohl zu den Eigenthümlichkeiten der Hölzer, als auch zu der Verwandtschaft der Pflanzen, von denen sie abstammen, unter einander.

Der Härtegrad des Holzes wird zunächst durch den Grad der Verdickung und die Menge seiner Holzzellen bedingt. Das Taxusholz, welches nur aus stark verdickten Holzzellen besteht, und das Buchsbaumholz, dessen Holzzellen ebenfalls sämmtlich stark verdickt sind und das nur wenige Gefäße enthält, sind wahrscheinlich die allerhärtesten Hölzer. Die chemische Beschaffenheit der Verdickungsmasse der Holzzellen scheint ebenfalls auf den Härtegrad des Holzes Einfluß zu üben. Das Holz der Buche und Hainbuche schneidet sich ganz anders, als das Holz der Eiche, es ist ungleich spröder und brüchiger; die Verdickungsmasse der Holzzellen erscheint auf zarten Schnitten glashell, der mikroskopische Querschnitt rollt sich auf; ein ähnlicher Schnitt anderer Hölzer breitet sich im Wasser auseinander. Das Holz der Eiche ist gerbstoffhaltig, es schwärzt im frischen Zustand die Messerklinge. Das Holz der Erle enthält einen ähnlichen chemischen Stoff; der Sauerstoff der Luft färbt dasselbe braunroth.

Die Bildung des Holzes steht in unserem Klima unter dem Einfluß der Jahreszeiten, und deshalb unter dem Einfluß der Entwickelungsperioden neuer Triebe. So lange die letzteren noch in die Länge wachsen und ihre Blätter noch nicht ausgebildet sind, verbraucht der Baum einen großen Theil seiner Nahrung zu deren Vollendung; das Frühlingsholz ist deshalb immer weicher als das später entstandene Holz, welches ich Herbstholz nenne. Ein Baum, dessen Zweige lange fortwachsen, dessen Endknospen sich erst spät schließen, z. B. die Linde, Erle, Birke, der Haselstrauch u. s. w., bilden erst sehr spät eigentliches Herbstholz; ein Baum, der seine Knospen frühe schließt, macht dagegen frühe Herbstholz (die Eiche, Buche, Tanne, Kiefer u. s. w.). Das Frühlingsholz hat weite, schwach verdickte Holzzellen, das Herbstholz dagegen enge, stark verdickte Zellen; der Jahresring der leichten Hölzer, meist aus Früh-

lingsholz bestehend, ist deshalb breiter als der Jahresring der schweren Holzarten, wo die Herbstzellen vorwalten. Alle schnell in die Höhe und in die Dicke wachsenden Bäume haben ein leichtes, alle langsam wachsenden Bäume liefern ein schweres Holz. Th. Hartig nennt die Zellen des Frühlingsholzes Rundfasern, die Zellen des Herbstholzes bezeichnet er als Breitfasern.

Der Standort und die Bodenbeschaffenheit kommen für den Werth des Holzes gleichfalls in Betracht; die Kiefer des freien Wuchses macht ein leichteres Holz als die Kiefer des geschlossenen Bestandes; ihre Jahresringe sind breiter; das Frühlingsholz ist vorherrschend.

Bei der Kiefer, Fichte und Tanne ist der Gegensatz des Frühlingsholzes zum Herbstholz sehr in die Augen fallend, die Jahresringe dieser Bäume sind deshalb sehr markirt. Ein nur wenige Zoll starker Querschnitt reißt nicht allein in der Richtung der Markstrahlen, sondern gar häufig ebenfalls an der Grenze der Jahresringe, weil sich beim Austrocknen die weiten, schwach verdickten Zellen des Frühlingsholzes anders als die engen, stark verdickten Zellen des Herbstholzes zusammenziehen; der parallele Verlauf der Holzzellen unterstützt dies Reißen. Frisch gefällte Stämme zeigen, bei zu schnellem Austrocknen, ein ähnliches Reißen; das Kernholz solcher Stämme trennt sich häufig vom Splint. Bei der Eiche und Buche ist der Unterschied zwischen dem im Frühling und im Herbst gebildeten Holze viel geringer; die Holzzellen verlaufen überdies mehr geschlungen, das Holz reißt, namentlich bei der Eiche, wohl in der Richtung der Markstrahlen, es fällt aber nicht in der Richtung der Jahresringe auseinander. (Taf. 6, Fig. 1 u. Fig. 4.)

Dem Härtegrad des Holzes entspricht auch die Menge des Brennstoffs; je härter ein Holz, um so mehr Brennstoff besitzt dasselbe. Die Wurzel aller von mir untersuchten Bäume hat ein ungleich leichteres Holz als der Stamm. Das Wurzel- oder Stockholz besitzt deshalb eine geringere Menge Brennstoff als das Stammholz; seine poröse Kohle liefert dagegen ein rascheres, wenngleich

nicht so nachhaltiges Feuer, und deshalb einen augenblicklich höheren Hitzgrad als das Stammholz. Das Stock- oder Wurzelholz ist in der Regel sehr maserig, weil die Wurzel auf demselben Raum ungleich mehr Wurzelzweige als der Stamm Stammzweige besitzt; durch diese Maserbildung wird die weiche Beschaffenheit des Wurzelholzes theilweise wieder aufgehoben. Das Holz der Buche und Hainbuche enthält den meisten Brennstoff; das Holz der Weide und Pappel ist als Brennholz von geringem Werth.

Der Harzgehalt des Holzes einiger Nadelhölzer bedingt zum Theil die Dauerhaftigkeit derselben; das Holz der Tanne, welches kein Harz enthält, ist gegen Nässe empfindlicher als das Holz der Kiefer, Fichte und Lerche. Das ältere, sogenannte Kernholz der drei letzterwähnten Bäume, dessen Zellen stärker mit Harz durchtränkt sind, wird als Bauholz mehr geschätzt als das jüngere Holz. Der Gerbstoffgehalt des Eichenholzes erklärt vielleicht die Dauerhaftigkeit desselben unter bestimmten Verhältnissen. Das Erlenholz, ebenfalls, wie seine Färbung an der Luft beweist, gerbstoffhaltig, ist gleich dem Eichen- und dem Ulmenholz für Bauten unter dem Wasser sehr geeignet. (Die Rinde der Eiche und Erle wird von den Gerbern vielfach benutzt).

Das geflammte Ansehen einiger Holzarten, die zu feinen Tischlerarbeiten verwendet werden, z. B. des Mahagoni-, Polysander-, Apfel- und Birnbaumholzes, scheint zunächst auf der Gegenwart eines bandartig angeordneten Holzparenchyms zu beruhen; bei anderen wird es durch das Abwechseln des Herbst- und Frühlingsholzes hervorgerufen, so beim Nußbaum. Das Holzparenchym oder das Frühlingsholz nimmt bei der Beize eine andere Färbung als die stark verdickten Holzzellen an. Die Fourniere solcher Hölzer werden in der Richtung gegen die Markstrahlen (in tangentialer Richtung) geschnitten. Das Holz der Eiche, welches Jahresringe und außerdem bandartig angeordnetes Holzparenchym besitzt, hat, in ähnlicher Weise verarbeitet, ein eigenthümlich geflammtes Ansehen. Alle harten Hölzer erhalten eine gute Politur.

Das Holzparenchym und die Markstrahlen bleiben lange saftreich, während die Holzzellen und die Gefäße, sobald sie ausgebildet sind, Luft enthalten. Hölzer, welche Holzparenchym besitzen, bilden in letzterem häufig Kohlenhydrate, z. B. Stärkemehl (bei der Eiche, Buche, Ulme, beim Weinstock und beim Apfelbaum) oder Farbstoffe (im Campeche- und Fernambukholz). In den Holz- und Gefäßzellen selbst entstehen solche Stoffe nicht, wohl aber wird die Wand der letzteren von gelösten Farbstoffen u. s. w. getränkt. Alle Leguminosen scheinen Holzparenchym zu besitzen; unsere Farbhölzer gehören fast sämmtlich dieser Familie an. Die Erle, der Haselstrauch, die Pappel, Weide, Birke, der Ahorn ꝛc. besitzen kein Holzparenchym.

Die dunkele Färbung des Kernholzes, desgleichen einzelner Partien im Stamm gewisser Bäume, wird wahrscheinlich durch die Zersetzung (Verkohlung) der im Holzparenchym angehäuften Stoffe eingeleitet (beim Ebenholz, beim Holz der Acacie und der Eiche).

Die Länge und Breite der Markstrahlen bedingt den Verlauf der Holz- und Gefäßzellen; sind die Markstrahlen lang und schmal, wie bei den Nadelbäumen (Taf. 6, Fig. 5e) so ist der Verlauf der Holzzellen fast parallel; sind sie dagegen breit und kurz, wie bei dem Mahagoniholz, so ist der Verlauf der Holzzellen ein geschlungener; ein derartiges Holz spaltet in der Regel nicht so glatt.

Markstrahlen zweierlei Art, breite und schmale neben einander, sind nur wenigen Bäumen eigen; ich fand sie bei der Eiche und bei der Buche. Die breiten Markstrahlen sind dort auf dem Querschnitt schon mit bloßem Auge sichtbar; Büttneria aspera (ein tropischer Baum) besitzt gleichfalls zweierlei Markstrahlen.

Alle ächten Nadelhölzer (Pinus, Abies, Picea, Thuja, Taxus, Taxodium, Juniperus u. s. w.) haben einreihige Markstrahlen, bei Ephedra und Gnetum sind dieselben mehrreihig. Allen wahren Nadelhölzern fehlen die Gefäße; das Holz von Ephedra und Gnetum besitzt Gefäße. Einreihige Markstrahlen finden wir unter den Laub-

hölzern: bei der Weide, der Pappel, der Birke, der Linde, der Roßkastanie, der Erle und beim Haselstrauch. Das Holz der beiden letztgenannten Bäume zeigt strahlenartig den Holzring durchsetzende Partien, wo die Gefäße fehlen. Mehrreihige Markstrahlen sind den meisten Leguminosen, ferner den Mistel-Arten (Viscum und Locanthus) eigen; der Weinstock und die Platane besitzen die breitesten und längsten, mir bekannten, Markstrahlen. Ein- bis zwei- oder dreireihige Markstrahlen besitzt die Ulme, die Esche, die Wallnuß, der Apfel- und der Kirschbaum, der Ahorn und der Buchsbaum.

Getüpfelte Gefäße mit mehr oder weniger entwickeltem Spiralbande zeigt das Holz der Linde, der Hainbuche, des Ahorns, der Roßkastanie und des Kirschbaums, überhaupt der Prunus-Arten (P. Padus, P. domestica).

Getüpfelte Gefäße mit einer leiterförmig durchbrochenen Querwand finde ich bei der Birke, der Erle, dem Haselstrauch, beim Buchsbaum und bei der Platane, ferner im Holz des Theebaums (Thea Bohea), bei Avicennia und bei Cussonia (tropische Pflanzen). Runde tüpfelförmige Löcher in der Querwand der Gefäße sind nur für Ephedra bekannt. Die Querwand der Gefäße aller anderen, von mir untersuchten Holzarten ist von einem runden Loch durchbrochen. Durch sehr weite Gefäße ist das Holz vieler Leguminosen, ferner das Holz tropischer Schlingpflanzen, ausgezeichnet; auch unsere Eiche besitzt weite Gefäße.

Ein Holzparenchym mit deutlich entwickeltem Spiralband zeigt die Ulme, desgleichen der Ginster, sowie andere in diese Gruppe gehörige Leguminosen (Ulex), ferner Viscum und Loranthus. Holzzellen mit einem Spiralband besitzt Taxus; weniger ausgeprägt finden wir dieselben im Herbstholz der Fichte und Lerche; der Weinstock enthält prächtig ausgebildete, spiralförmig verdickte Holzzellen.

Die so eben besprochenen anatomischen Verhältnisse der Holzarten sind sehr beständig. Ich halte es nicht für schwierig ein, mir durch eigene Untersuchung bekanntes, Holz mikroskopisch sicher zu

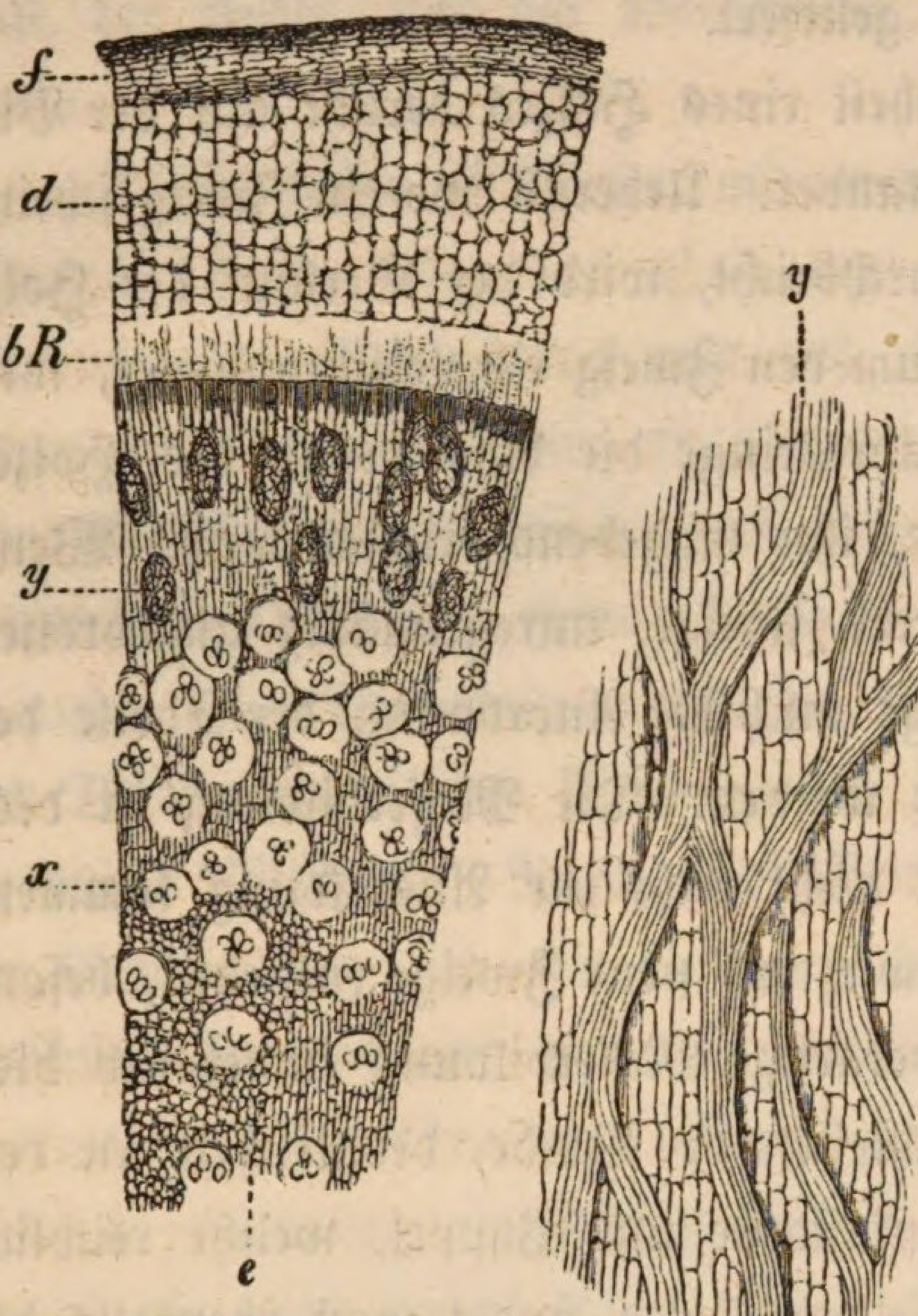
bestimmen. Leider sind bis jetzt noch wenig Holzarten genau vergleichend untersucht; wir können deshalb nur in wenig Fällen einen Zusammenhang des inneren Baues mit bestimmten äußeren Erscheinungen der Pflanze nachweisen; ebensowenig können wir zur Zeit über die Aehnlichkeit im Bau des Holzes verwandter Pflanzen entscheiden, und doch wird eine solche, wie schon die Nadelhölzer, wie ferner die Leguminosen andeuten, sicherlich vorhanden sein. — Göppert und Th. Hartig haben schöne Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Holzarten geliefert.

Die maserige Beschaffenheit eines Holzes beruht auf der Bildung vieler Zweige neben einander. Ueberall wo ein Zweig scheinbar das Holz eines Astes durchbricht, wird der Verlauf der Holz- und Gefäßzellen des letzteren um den Zweig ein verschlungener, weil sich bei der Bildung neuer Jahresringe die Anordnung des Holzes nach dem vorhandenen Zweige, ihn umgebend, richten muß. Wenn nun dicht nebeneinander mehrere Zweige, unregelmäßig angeordnet, entstehen, so muß durch selbige auch die Anordnung der Theile des Holzes immer unregelmäßiger werden. Die Maserbildung ist deshalb, wenn die Zweige selbst nicht recht zur Ausbildung kommen, dagegen neben den älteren fortwährend neue Zweige entstehen, besonders schön entwickelt. Eine derartige Maserbildung findet sich bisweilen an den Ueberwallungsstellen der Buche, desgleichen an den knorrigen Auswüchsen der Roßkastanie und Pappel, welche reichlich Zweige entwickeln. An denselben Orten findet man ebenfalls die Säumaugen, die ihrerseits nicht selten wieder Maserbildung zeigen. Ein maseriges Holz spaltet nicht leicht, es ist in der Regel fest, seine Zellen sind stark verdickt; aus ihm verfertigt man Dosen und andere Spielereien.

Das Stockholz (Wurzelholz) der Bäume ist ästiger und deshalb schwerer zu spalten als das Stammholz, namentlich solcher Bäume, die im geschlossenen Bestand gezogen wurden und deshalb ziemlich astrein sind. Wegen seiner ästigen Beschaffenheit ist das Wurzelholz zum Bauen kaum anwendbar.

Bei den Palmen und dem Drachenbaum, überhaupt bei denjenigen Monocotyledonen, welche baumartig werden und ihren Stamm längere Zeit verdicken, finden wir ein mehr oder weniger festes Holz. Als Holz bezeichne ich denjenigen Theil des Stammes, welcher innerhalb des Verdickungsringes liegt (Fig. 50). Wenn die Holzzellen der Gefäßbündel stark verdickt sind und gleichzeitig das Parenchym zwischen denselben verholzt, so erlangt das Holz oftmals eine große Festigkeit, welche, wie es bei einigen Palmen scheint, mit dem Alter des Baumes zunimmt. Das Holz von Astrocaryum und Caryota, desgleichen von Phönix und Corypha, wird nach der Mitte des Stammes ungleich weicher, als in der unmittelbaren Nähe des Verdickungsringes, wo es oftmals eisenhart erscheint. Die Holzellen einiger Palmen sind, gleich den verholzten Zellen der Gefäßbündelscheiden tropischer Farrenkräuter, dunkelbraun gefärbt; z. B. bei den aus solchem Holz gedrehten Schirmstöcken.

Fig. 50.

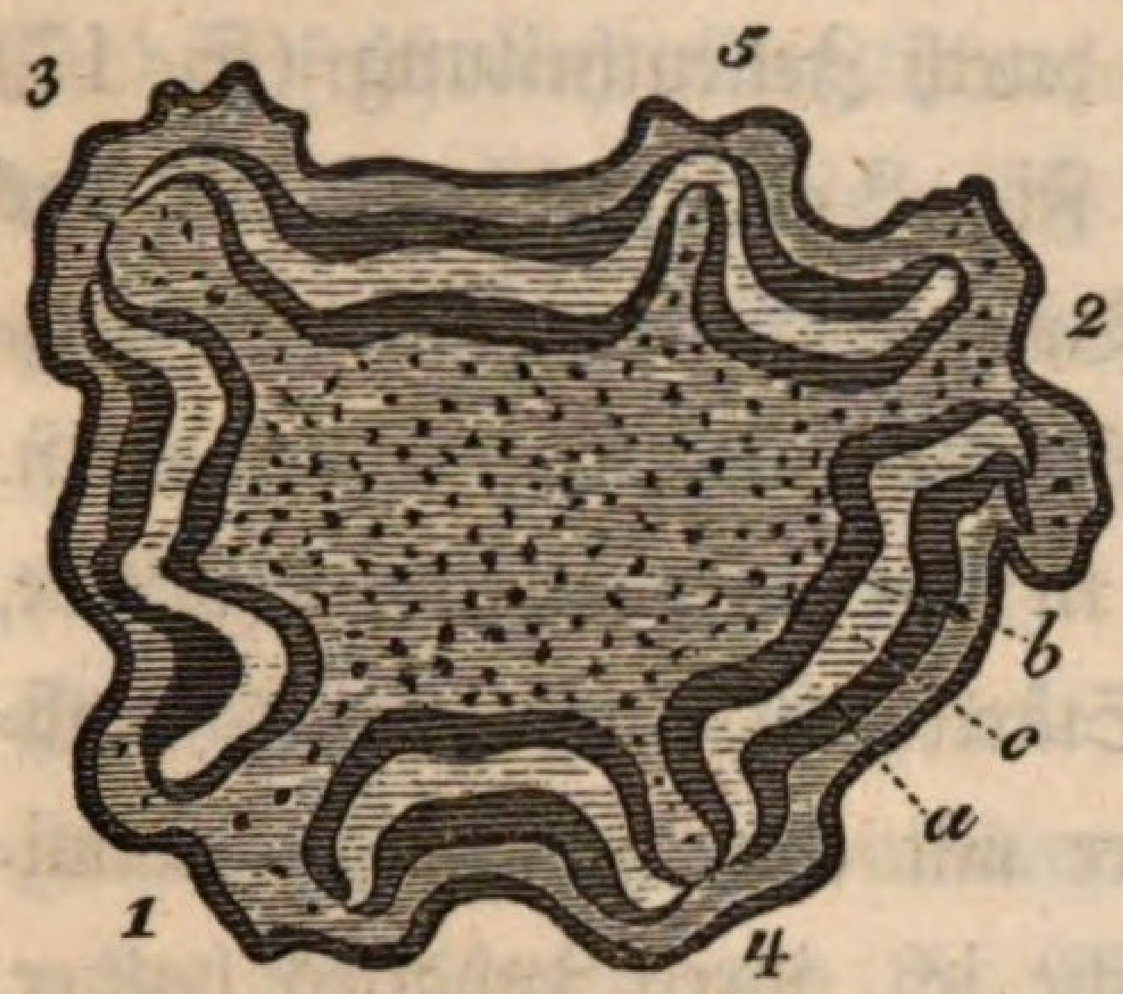


Den baumartigen Farrenkräutern darf ich kein eigentliches Holz zuschreiben. Die oftmals dunkelbraun, fast schwarz gefärbten, harten, verholzten Bänder (a und b der Fig. 51), welche

Fig. 50. Querschnitt und tangentialer Längsschnitt eines Zweiges vom Drachenbaum. f Korkschicht. d Rinde. c b R Verdickungsring. y Gefäßbündel des äußeren Theiles (Holz). x Gefäßbündel des inneren Theiles (Mark) (Vergrößerung 20mal).

die Gefäßbündel des Stammes umgrenzen, entstehen nicht aus dem

Fig. 51.



Cambium der Gefäßbundel selbst, es sind keine eigentliche Holzzellen, sie sind nicht getüpfelt; ich muß selbige mit H. v. Mohl als verholztes Parenchym betrachten.

Um den Bau und das Leben der Rinde zu begreifen, muß man dasselbe vom Entstehen ab verfolgen. Die Rinde eines jungen Zweiges ist bei vielen Bäumen ganz anders gebaut, als die Rinde eines alten Astes; Theile, welche in der jungen Rinde vorhanden sind, fehlen oftmals der alten, welche dafür andere Bildungen besitzt. Unsere Kenntniß vom Bau und Leben der Rinde war bisher sehr mangelhaft; v. Mohl lüftete hier, wie in vielen anderen Fällen, zuerst den Schleier. Eine schöne Arbeit über die Rinde werden wir nächstens durch Hanstein erhalten.

Die Rinde des jungen Tannenzweiges (Abies pectinata) ist von einer wahren Epidermis (S. 35), welche kurze mehrzellige Haare entwickelt, bekleidet. Schon im Sommer des ersten Jahres stirbt diese Oberhaut mit mehreren Reihen unter ihr liegender Zellen ab, weil sich, etwa im Juli, unter den genannten Zellenschichten ein Periderma (S. 37) bildet. Die bis dahin grün gefärbte Rinde des jungen Zweiges wird nunmehr gelblich, die abgestorbenen äußeren Theile derselben bleiben, rissig und vertrocknet, oft nach jahrelang. Der behaarte Ueberzug verschwindet allmälig, der eigenthümlich, glatte, weißlich gefärbte, Lederkork, welcher den Stamm der Weißtanne überdeckt, ersetzt nunmehr die abgestorbene Oberhaut. In dem ursprünglichen Theil der Rinde bilden sich früh, schon im ersten Lebensjahre des Zweiges, mehrere Reihen großer Harzgänge,

Fig. 51. Querschnitt durch den Stamm eines baumartigen Farrenkrautes. a und b Scheiden verholzter Parenchymzellen, welche das Gefäßbündel c umgeben. (Natürliche Größe.)

dieselben entstehen, wie im Blatte, durch das Auseinanderweichen bestimmter Parenchymzellen. In den Zellen, welche die so entstandene Längslücke begrenzen, bildet sich durch Zellentheilung (S. 17) eine secernirende Oberhaut (Taf. 6, Fig. 8 c), welche später das Harz in den Harzgang ausscheidet. Bei der Tanne sind die Harzgänge der Rinde genau so gebaut, als die Harzgänge der Nadeln. Außer den Harzgängen finden sich in der ursprünglichen Rinde, zwischen kleineren, Chlorophyll und Stärkemehl enthaltenden, Nahrungszellen (Parenchymzellen), größere mit einer schleimig-gummiartigen Flüssigkeit erfüllte Zellen, welche ich, ihres Inhaltes halber, Bassorinzellen nenne. Nur die ursprüngliche Rinde der Tanne bildet die Harzgänge. Bei der Wurzel stirbt der größte Theil der ursprünglichen Rinde frühzeitig ab, derselben fehlen deshalb die Harzgänge, welche in der Rinde des Stammes lange, mit Harz und Luft erfüllte, Kanäle bilden. Der durch den Verdickungsring und das in ihm liegende Cambium der Gefäßbündel entstandene Theil der Rinde (die secundäre Rinde) des jungen Zweiges besteht zum größten Theil aus Bastgruppen, welche von Markstrahlen durchsetzt werden. Die Bastzellen selbst sind farblos, langgestreckt und ziemlich schwach verdickt, aber nicht wie bei den meisten Pflanzen fest oder gar verholzt, ihre helle Verdickungsmasse ist weich, fast gallertartig. Mit der Zunahme des Holzringes steht auch die Zunahme des secundären Theiles der Rinde im Verhältniß, es bilden sich alljährlich neue Bastschichten, die Rinde gewinnt an Stärke, aber lange nicht in dem Maße als der Holzring. Das Periderma dehnt sich, die primäre Rinde unter ihm wächst fort, die secundäre Rinde wird durch neue Bildungen von Innen her vergrößert. Bis etwa zum sechsten oder achten Jahre enthält die Rinde des Stammes und der Zweige nirgends verholzte Zellen; die nicht verholzten Bastbündel sind durch Längsreihen kleiner, kurzer, mit Krystallen erfüllten Zellen getrennt. Jetzt ändert sich das Leben des älteren Theiles der secundären Rinde, die langgestreckten verdickten, aber nicht verholzten, Bastzellen verschwinden immer mehr und mehr, an

ihrer Stelle findet man Gruppen wunderbar verzweigter, stark verdickter und verholzter Zellen, die wahrscheinlich aus, oder vielmehr in den früheren, eigentlichen, Bastzellen entstanden sind. Die Zellen der Markstrahlen, welche die Bastbündel von einander trennen, vergrößern und vermehren sich. Die Rinde des acht- bis zehnjährigen Zweiges ist jetzt ganz anders gebaut, als die Rinde des zwei- und dreijährigen Zweiges. — In der Wurzel geht die hier beschriebene Veränderung der Rinde, wie es scheint, etwas früher vor sich, alle Zellenarten sind dort weiter; die Wurzelrinde enthält zur Herbstzeit mehr Stärkemehl als die Rinde des Stammes. Bis zum siebenzigsten oder achtzigsten Jahre bleibt die Rinde der Tanne in der Regel glatt. Ihre röthlich- oder bläulich-weiße Oberfläche zeigt meistens noch die Narben der abgefallenen Nadeln, häufig neben ihnen zerstreute Korkwarzen (Lenticellen). Hier und da findet man Harzbeulen, d. h. runde Erhebungen, welche sich gegen einen mäßigen Druck elastisch verhalten. Geöffnet entquillt denselben ein weißes dickflüssiges Harz. Die Harzgänge solcher Rinden sind jetzt in der Regel unkenntlich geworden, das Harz hat sich in größeren Zellenlücken, in die Harzbeulen, gesammelt. Auf demselben Waldreviere sieht man oftmals neben einander Tannen gleichen Alters, deren Rinde ein durchaus verschiedenes Ansehen besitzt. Der eine Baum, vielleicht über 100 Jahre alt, hat seine glatte Rinde bewahrt, der Holzhauer bezeichnet ihn als Glastanne; der andere hat eine rissige Rinde erhalten, es sind Borkenschuppen von unbestimmter Größe und Gestalt entstanden. Diese Borkenschuppen sind, durch ihren nicht abblätternden Lederkork, mit einer glatten, weißen, Oberfläche versehen, während die mehr abgerundeten schildförmigen Borkenschuppen der Fichte jederzeit mit kleinen abblätternden Periderma-Schuppen bedeckt sind.

Die Borke entsteht hier, wie überall, durch eine in das Gewebe der Rinde selbst eindringende Korkbildung; der Theil, welcher außrehalb der entstandenen Korkschicht liegt, muß, in Folge dessen, absterben. Die uralten, 350- bis 400jährigen, Tannen des Wurzel-

berges*) haben sämmtlich Borke gebildet; die jüngeren Tannen desselben Standortes besitzen eine glatte Rinde. Die Borkenbildung scheint bei dem einen Baum früher, bei dem anderen später einzutreten, ohne daß wir bis jetzt die Ursachen dieser Verschiedenheit enträthseln können. Die sogenannte Glastanne läßt sich von der Tanne, welche frühe Borke bildet, nicht wohl unterscheiden. — Das Periderma der Tanne besteht aus mäßig verdickten Zellen mit einem gelbbraunen Stoff erfüllt, es bildet sich von Innen her allmälig nach, während es nach Außen eben so allmälig, ohne abzublättern, verwest. Das weiße Ansehen der Tannenrinde wird durch die äußeren, bereits abgestorbenen, Luft führenden, Periderma-Schichten bedingt. — Die frische Tannenrinde ist im Innern gelblich gefärbt, an der Luft wird sie bräunlich. Die Rinde der ältesten von mir beobachteten Tanne (400jährig) war mit der Borke noch keinen Zoll stark. Die Rinde der Wurzel ist schon im frischen Zustande röthlich braun gefärbt. — Die Tannenrinde ist zum Gerben brauchbar, sie enthält, wie schon erwähnt, reichlich Krystalle, demnach viel mineralische Stoffe. Auf der glatten Tannenrinde hält sich, in gesunden Beständen, selten ein Moos, noch seltener eine Flechte; auf der gerissenen Rinde älterer Bäume, finden sich, an feuchten oder sonst ungünstigen Standorten, Schmarotzerpflanzen mancherlei Art. Aus der Tannenrinde wird ein Terpenthin gewonnen; man erklettert die Bäume und entleert die Harzbeulen.

Die Rinde eines ganz jungen Fichtenzweiges (Picea vulgaris Link) ist mit einer Obhut bekleidet, welche bald mit einigen unter ihr liegenden Zellenschichten abstirbt, weil im Gewebe der ursprünglichen Rinde sehr frühe ein Periderma entsteht. Die Harzgänge bilden sich, wie bei der Tanne, frühzeitig, dagegen fehlen die dort vorhandenen, mit Schleim erfüllten größeren Zellen. In der secundären Rinde bilden sich, wie bei der Tanne, durch den Verdickungsring Bastgruppen, von Markstrahlen durchsetzt; in der

---

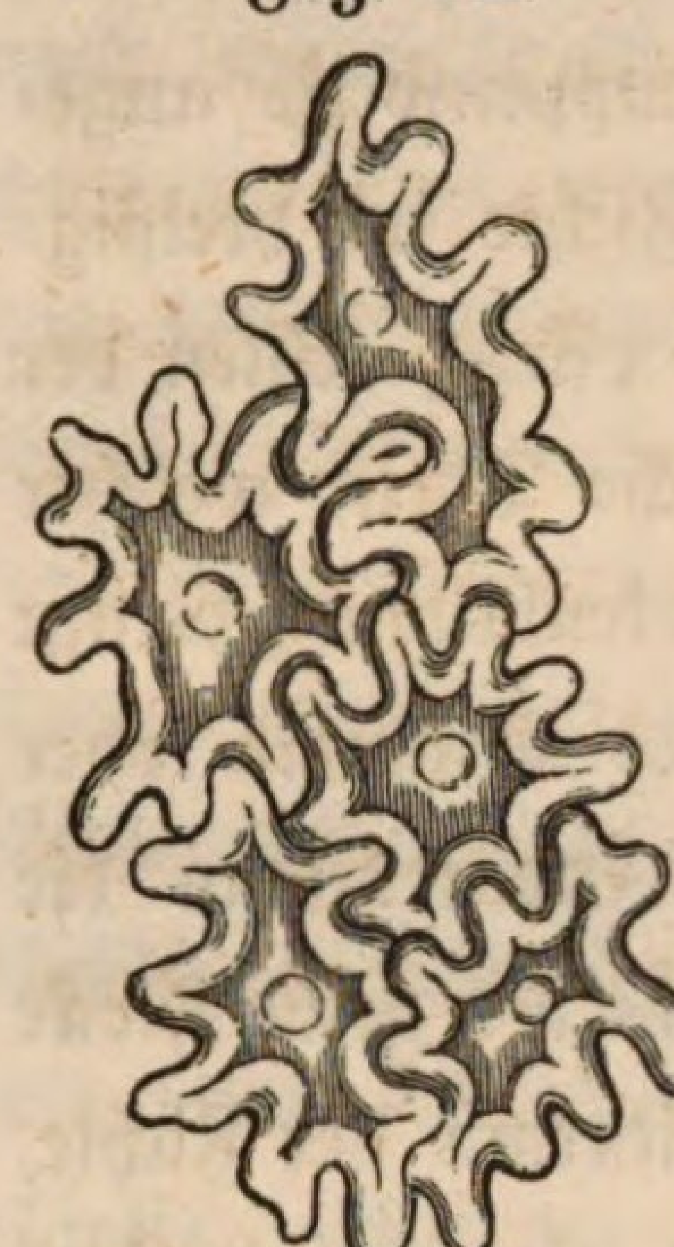
*) Vergl. den Abschnitt X.

Umgebung der Bastbündel treffen wir auch hier Reihen kurzer Parenchymzellen mit Krystallen erfüllt. Die Verdickungsmasse der langgestreckten Bastzellen ist farblos und weich wie bei der Tanne. Etwa im achten oder zehnten Lebensjahre verändern sich die Bastzellen, in ihnen beginnt, wie es scheint, eine Zellenbildung, sie verschwinden, um kurzen stark verdickten und verholzten Zellen Platz zu machen. Letztere nehmen genau die Stellung ein, welche die verzweigten und verholzten Zellen der Tanne innehalten; sie erscheinen wie vormals die Bastzellen, in welchen sie entstanden (?), gruppenweise angeordnet. Sobald sich Borke bildet, was bei der Fichte im dreißigsten oder vierzigsten Jahre des Astes zu geschehen pflegt, fehlen der thätigen Rinde die Harzgänge, weil der ursprüngliche Theil, welcher dieselben enthält, alsdann abgestorben ist. Die Borkenbildung dringt immer weiter nach innen; in der Borke älterer Stämme oder Aeste findet man außer dem abgestorbenen Rindenparenchym die verholzten, gruppenartig angeordneten Zellen, welche als gelbe Flecke in der braungefärbten Borke auftreten. Das Periderma der Fichte, welches die Bildung der Borke veranlaßt, ist dem glatten Lederkork der Tanne kaum vergleichbar; es entspricht weit mehr dem Periderma der Kiefer, seine Oberfläche blättert, indem es kleine Schuppen bildet, ab. Die runden oder schildförmigen Borkenschuppen der Fichte sind deshalb niemals, wie bei der Tanne, mit einer glatten Oberfläche versehen, vielmehr immer von kleinen, über einander liegenden, häutigen Schuppen bekleidet. Worauf das Abblättern des Lederkorkes überhaupt beruht, werde ich bei der Kiefer- und Birkenrinde nachweisen. Die Fichtenrinde ist frisch geschält biegsam, sie läßt sich vortrefflich zur Bekleidung von Hütten verwenden, aus ihr verfertigt man gleichfalls die großen Behälter, in welchen das rohe Fichtenharz gesammelt wird; sie wird ferner zum Gerben vielfach verwendet.

Die Oberhaut des jungen K i e f e r n z w e i g e s (Pinus sylvestris) stirbt, wie bei den anderen Nadelhölzern, frühe ab; die Harzgänge, wie dort gebaut, liegen auch hier in der primären Rinde; vom

Verdickungsringe aus entstehen, wie dort, Bastbündel durch Markstrahlen getrennt; die Zellen, welche diese Bastbündel umgeben, enthalten wie dort Krystalle. Die Bastzellen, auch hier weich und gallertartig, ändern sich späterhin nicht, die Peridermabildung dringt sehr früh tief ins Innere der Rinde vor; die verholzten Zellen, welche die Tannen- und Fichtenrinde charakterisiren, fehlen deshalb der Kiefer gänzlich. Die primäre Rinde stirbt sehr frühe ab, mit ihr verschwinden die Harzgänge. Das Periderma entwickelt sich schichtenartig und zwar so, daß eine, aus mehreren Zellenlagen bestehende, Schicht sich stark verdickt, während die andere zartwandig verbleibt. Die verdickten Zellen greifen sternförmig in einander (Fig. 52). Die stark verdickte Schicht des Periderma zieht sich beim Austrocknen anders als die ihr folgende zartwandige Schicht zusammen, beide trennen sich deshalb von einander, das Periderma blättert ab. Die Kiefer ist durch ihre eigenthümlichen, meistens mit einem Peridermarand geflügelten, flachen Borkenschuppen ausgezeichnet, letztere bestehen aus braungefärbten weiten Parenchymzellen, nach verholzten Bastzellen sucht man vergeblich. Der untere Stammtheil einer alten Kiefer ist in der Regel schwärzlich gefärbt, ihn decken zahlreiche Borkenschichten; der höhere Theil des Stammes, desgleichen die Aeste sind dagegen rostfarben, häutig geflügelte, rothbraune oder gelbe Borkenschuppen blättern nach einander von ihm herab. Die Gestalt der letzteren ist eigenthümlich, sie bilden niemals eckige Formen; am schönsten entwickelt fand ich dieselben an dreihundertjährigen Kiefern nahe bei Rudolstadt. Die kleinen Peridermaschuppen der Fichte fehlen hier jederzeit. Die Kiefernrinde ist zum Gerben wenig brauchbar.

Fig. 52.



Die Rindenbildung der L e r c h e (Larix europaea) ist der Kiefer

Fig. 52. Zellen aus dem Lederkork der Kiefer (200mal vergrößert).

sehr ähnlich. Die Harzgänge der primären Rinde sterben schon sehr früh mit der Oberhaut ab; zu ihrem Ersatz bilden sich später, sowohl im Stamm als in der Wurzel, runde oder längliche Harzlücken, welche den übrigen von mir untersuchten Nadelhölzern fehlen. Die Bildung der secundären Rinde erfolgt wie bei der Tanne, Fichte und Kiefer, die Peridermabildung entspricht der Kiefer, die verdickten Zellen der Lederkorke greifen wie dort sternförmig in einander; das Periderma dringt jedoch nicht so rasch und nicht so tief ins Innere der Rinde. An der Grenze der primären Rinde finden sich im älteren Zweige vereinzelt verzweigte und verholzte Zellen, wie bei der Tanne. Derartige Zellen bilden sich später nicht mehr, dagegen entwickeln sich einige der bis zum achten oder zehnten Jahre nicht verholzten Bastzellen zu langen, stark verdickten und verholzten, nicht verzweigten, Zellen, den bekannten Bastzellen der Chinarinde vergleichbar. Die Borkenschuppen der Lerche, in der Regel nicht wie bei der Kiefer durch einen Peridermarand geflügelt, charakterisiren sich mikroskopisch durch die Anwesenheit dieser vereinzelt auftretenden, langen, verholzten, nicht verzweigten Bastzellen. Mit Krystallen erfüllte Zellen begleiten, wie bei den anderen Rinden, die jugendlichen Bastbündel, sie finden sich auch später in der Borke wieder. Die letztere blättert nicht so leicht wie bei der Kiefer vom Stamm; die Innenseite einer abgelösten Borkenschuppe ist schmutzig rosenroth gefärbt. Die Rinde nicht zu alter Stämme wird zum Gerben und Blaufärben benutzt.

Die Rinde der Taxus-, Cupressus- und Podocarpus-Arten verhält sich durchaus anders, sie bildet statt der Bastgruppen der übrigen Nadelhölzer, welche durch bandartig angeordnete Parenchymzellen getrennt sind, ringförmig den Stamm umgebende Bastreihen. Die Bastzellen dieser Reihen werden stark verdickt; bei Podocarpus verholzen sie schon in den ersten Jahren ihres Lebens; bei Taxus, wie es scheint, erst später. Die Markstrahlen durchbrechen diese Bastreihen, deren Zellen nicht immer zur normalen Ausbildung kommen. Die einzelligen Reihen der Bastzellen sind bei den ge-

nannten Bäumen durch mehrere Reihen dünnwandiger Parenchym-zellen von einander geschieden, während die ebenfalls reihenartig angeordneten Bastbündel der Tanne, Fichte u. s. w. nur durch eine Reihe derartiger Zellen getrennt sind.

Die regelmäßige Anordnung der durch den Verdickungsring entstandenen secundären Rinde läßt bisweilen scheinbar in den nachgebildeten Bastlagen Jahresperioden vermuthen; die Zahl der Jahresringe des Holzes harmonirt dagegen selten oder niemals mit diesen scheinbaren Jahresringen der Rinde; die letztere bildet in einem Sommer oftmals mehrere solcher Lagen. Der Eibenbaum (Taxus) wirft seine alte Rinde als dünne Borkenblätter ab. Die Taxineen und Cupressineen scheinen niemals Harzgänge zu besitzen, bei Taxus fehlen dieselben auch im Blatte*).

Wenden wir uns jetzt zu den Laubhölzern, denen sowohl im Holz als in der Rinde alle Harzgänge fehlen. Die primäre Rinde dieser Bäume unterscheidet sich von der secundären nur durch das Fehlen der Markstrahlen, welche, wie bei den Coniferen, die nachgebildete Rinde durchsetzen.

Die **Eiche** (Quercus pedunculata) behält oft viele Jahre lang einen glatten Stamm. Ich sah dreißigjährige Eichen mit glatter, von einem nicht abblätternden Periderma bedeckter Rinde; das letztere bildet sich schon in den ersten Wochen des jungen Zweiges unter der entweder haarlosen oder behaarten Oberhaut. Die secundäre Rinde bildet alljährlich mehrere Bastbündelreihen; die Bastbündel sind von Zellen umgeben, welche große, schön ausgebildete Krystalle, wahrscheinlich Gyps, in großer Menge enthalten; das Nahrungsgewebe und die Markstrahlen, welche die Rinde durchsetzen, führen Stärkmehl, letzteres ist jedoch im Holzring noch reichlicher vorhanden. Wenn der Stamm oder Ast ein gewisses Alter erreicht hat, stellt sich die Borkenbildung ein. Im Parenchym der

---

*) Th. **Hartig** giebt in seiner Naturgeschichte der Forstgewächse eine sehr getreue Abbildung der Bastreihen von Taxus.

Rinde selbst entwickelt sich ein Periderma, alle außerhalb desselben liegenden Rindentheile sterben ab, das Parenchym färbt sich braun, der Inhalt desselben schwindet, die Bastzellen selbst erscheinen jetzt verholzt und gelb gefärbt. Die Borke der Eiche erhält tiefe Längsrisse, sie löst sich nicht freiwillig vom Stamme, den alten Baum bekleiden dicke Borkenschichten. Die Eichenrinde wird für den Gerber sehr wichtig. Der Wurzelausschlag der Eiche wird zunächst als Schälholz benutzt; man schält die Rinde der zwölf- bis funfzehnjährigen Aeste im Frühling.

Die Rinde der Buche (Fagus sylvatica) verhält sich ganz anders; sie bleibt immer glatt, sie bildet niemals Borke. Unter der mit einzelligen, langen, Haaren und Spaltöffnungen versehenen Oberhaut der jüngsten Zweige entsteht sehr früh ein Periderma; die primäre Rinde ist nur schmal. Jedes ursprüngliche Gefäßbündel des jungen Zweiges bildet ein auf dem Querschnitt halbmondförmiges Bastbündel, dessen Zellen bald verholzen. Später wird kein eigentlicher Bast mehr nachgebildet; das Cambium der Gefäßbündel, welches im Verdickungsringe liegt, verwendet bei der Buche seine Hauptthätigkeit auf die Bildung des Holzes, die Rinde bleibt nur schmal, dagegen für die ganze Dauer des Baumes lebensthätig. Wenn sich der Stamm durch Bildung neuer Jahresringe verdickt, so dehnt sich ihm entsprechend die Rinde, die anfänglich halbmondförmigen Bastbündel werden durch Zellen, welche sich zwischen ihre Bastzellen schieben, gewissermaßen in kleinere Gruppen zerlegt. Die sich zwischen die Bastzellen drängenden weiteren, aber kurzen Zellen verholzen sehr bald, zwischen letztere schieben sich fortwährend neue Zellen ein, welche wiederum zum Theil verholzen. Das Periderma, welches die Rinde begrenzt und das aus tafelförmigen, ziemlich verdickten Zellen besteht, bildet sich, indem er von außen her, wie bei der Tanne, ganz allmälig abstirbt, von innen her weiter; die Rinde leibt deshalb beständig glatt. Einschnitte in dieselbe gemacht vernarben sehr bald, jede Verwundung des Stammes überwallt leichter als bei anderen Bäumen. Die nicht verholzten Zellen der Rinde

enthalten Blattgrün, auch hier und da kleine Krystalldrusen, in der Nähe der Bastbündel finden sich größere Krystalle. Die Rinde, selbst der ältesten Buchen, ist im Verhältniß zum Holz sehr schmal, sie ist, ihrer kurzen verholzten Zellen halber, hart und brüchig. Die erste Bildung des Periderma erfolgt in allen Stammtheilen unmittelbar unter der Oberhaut, in der Wurzel dagegen etwa an der Grenze zwischen der primären und der secundären Rinde, erstere wird deshalb bei der Wurzel früh abgeworfen, am Stamm bleibt sie durchs ganze Leben des Baumes.

Die Hainbuche (Carpinus Betulus) besitzt eine glatte der Buche äußerlich sehr ähnliche Rinde, welche jedoch nicht wie diese nur einmal Bastbündel entwickelt, obschon die Ausbildung der letzteren auch bei der Hainbuche sehr unregelmäßig erfolgt und häufig an einigen Stellen ganz unterbleibt. Das Periderma dieses Baumes entspricht der Buche; die Hainbuche bildet wie die letztere niemals Borke, ihre Rinde wächst wie dort nur schwach, auch sie bildet verholztes Parenchym.

Die Rinde der ächten Kastanie (Castanea vesca) gleicht der Buche wenig, sie bildet Bastbündel nach und erzeugt zuletzt gar Borke.

Die Oberhaut der jungen Birkenzweige (Betula alba) ist mit einzelligen Haaren bekleidet und mit Spaltöffnungen versehen; unter derselben bildet sich schon in den ersten Wochen das für die Birke eigenthümliche Periderma. Die Oberhaut stirbt in Folge dieser Bildung ab, sie wird in der Regel schon im ersten Sommer abgeworfen. Zahlreiche Harzdrüsen bedecken als kleine weiße Erhebungen den jungen Zweig (Taf. 3, Fig. 9). Der Stockausschlag ist namentlich mit selbigen übersäet. Diese Harzdrüsen durchbrechen das Periderma, sie dauern nur einen Sommer, hinterlassen dagegen kleine braune Flecken, sogenannte Lenticellen, welche durch einen Borkenüberzug geschützt, mit der Rinde wachsen und deshalb alljährlich breiter werden. Das Periderma der Birke bildet abwechselnd stärker und schwächer verdickte Schichten; während die

älteren Schichten absterben, entstehen von Innen her neue Schichten (Taf. 6, Fig. 5 b). Die absterbenden Schichten blättern von einander. Die bald braune, bald weiße Färbung des Periderma richtet sich nach der zufällig außen liegenden Schicht. Die sehr schwach verdickte, meistens ungleich breitere Schicht (d) führt Luft, sie erscheint weiß, die stark verdickte, gelblich gefärbte und mit braunem Inhalt erfüllte Schicht (c) tritt braungefärbt in die Erscheinung. Ein und derselbe Stamm zeigt deshalb nach der zufälligen Weise des Abblätterns und nach dem Grade der Ausbildung des Periderma, hier eine weiße und dort eine braune Rinde. Das Periderma bildet sich bei der Birke eine Reihe von Jahren hindurch nur an der Oberfläche fort, später dringt es unregelmäßig nach Innen; der bis dahin glatte Stamm bekommt jetzt tiefe Risse, es entsteht eine Borke. Die letztere behält durch das Periderma, welches sie bedeckt, immer eine glatte, meistens weiße Oberfläche, nur die Risse färben sich, durch die Verwesung der abgestorbenen Rindenzellen, schwarz. Die Birke bildet, wie die Buche, nur einmal wirkliche, langgestreckte Bastzellen, welche in Gruppen auftreten; später entstehen statt ihrer Gruppen stark verdickter und verholzter, kurzer Zellen. Das Periderma der Birke brennt mit heller Flamme, es ist zum Anzünden wie Kienspahn brauchbar. Die Markstrahlen verlaufen, wie überall, bis zur primären Rinde, letztere enthält Blattgrün. Die Birkenrinde ist wegen ihres Harzgehaltes fast unveränderlich; man benutzt sie in Rußland zu Fackeln, der Birkentheer wird aus ihr gewonnen. Das Periderma dient zur Anfertigung von Dosen rc.

Der Kirschbaum (Prunus cerasus) besitzt ein der Birke ähnliches, abblätterndes Periderma; seine Rinde scheint ebenfalls nur einmal Bast zu bilden, sie ist, wie die Birkenrinde, harzreich.

Die Erle und der Haselstrauch (Alnus glutinosa und Corylus Avellana), deren Holz so ähnlich gebaut ist, zeigen auch in der Rinde große Uebereinstimmung; beide bilden im ganzen Umkreis nur einmal Bündel verholzter Bastzellen, später wiederholt sich die Bastbildung nur an denjenigen Stellen, wo im Holzring

(S. 212) die Gefäße fehlen. Die Erle erhält später eine rissige Borke; ihre Rinde wird zum Gerben vielfach benutzt.

Die Rinde der Pappel (Populus nigra) und der Weide (Salix fragilis) bildet alljährlich neue Bastbündel; ein Parenchym, welches große Krystalle enthält, umgibt diese Bastbündel; ein Periderma bekleidet die Rinde; später stellt sich Borkenbildung ein. Die Ulme (Ulmus campestris) verhält sich ähnlich, doch erfolgt die Ausbildung der angelegten Bastzellen sehr unregelmäßig. Auch die Esche (Fraxinus excelsior) bildet fortdauernd Bastbündel. Die Rinde der Weiden- und Pappelarten enthält ein eigenthümliches Alkaloid (das Salicin), welches früher, als Ersatz des Chinins, gegen Fieber angewendet ward.

Das alljährliche Fortwachsen der Rinde vermittelst des Verdickungsringes zeigt sich am schönsten an der Linde (Tilia grandiflora und T. parviflora). Ihr Stamm bleibt lange glatt, erst spät entsteht die Borkenbildung, alljährlich bilden sich mehrere Bastschichten. Während der Holztheil jedes ursprünglichen Gefäßbündels in der Markscheide endigt, verliert sich der Bastkörper des ursprünglichen Gefäßbündels in der primären Rinde. (Man vergl. Fig. 39 der S. 111.) Ein vergrößerter Querschnitt zeigt die Zerklüftung der ursprünglichen Gefäßbündel durch später entstandene Markstrahlen; ein Längsschnitt gegen dieselben geführt (tangential), beweist, daß letztere, als Fortsetzung der Markstrahlen im Holzring, die secundäre Rinde durchsetzen; die Bastzellen der Linde schlingen sich, den Holzzellen und den Gefäßen ähnlich, um die Markstrahlen. Der Bast, mit welchem die Cigarren zusammengebunden werden, ist Lindenbast, der von Rußland nach Amerika gesandt wird; er zeigt das Verhältniß der Bastbündel zu den Markstrahlen schon mit bloßem Auge aufs deutlichste, die maschenartigen Lücken in diesen Bastschichten bezeichnen die Stellen, wo Markstrahlen die Rinde durchsetzten. Der Bast wird, gleich dem Flachs, durch Fäulniß unter Wasser gereinigt, die Bastschichten fallen bandartig auseinander, das zarte Gewebe des Parenchyms und der Mark-

strahlen verwest, die verholzten Bastzellen widerstehen der Fäulniß länger. Der Lindenbast findet noch zu mancherlei Zwecken, z. B. in der Gärtnerei, beim Verbinden der Pfropf- und Oculirwunden (S. 138), ferner zur Anfertigung von Matten, Schuhen, Decken und Stricken, Verwendung.

Die Rinde des Weinstocks (Vitis vinifera) bildet alljährlich mehrere, in der Regel 3 bis 4, durch Parenchymschichten getrennte Bastlagen. Der in einem Jahre entstandene Theil der Rinde stirbt schon im darauf folgenden Jahre wieder ab; die Rinde verdickt sich deshalb mit dem Alter nicht. Das zerfaserte Ansehen des älteren Weinstocks beruht auf der faserigen Beschaffenheit seiner Borke, die wiederum in der ungewöhnlichen Länge der Markstrahlen (S. 213) ihre Erklärung findet.

Die Platane (Platanus occidentalis) bildet flache, abgerundete, der Kiefer ähnliche, Borkenschuppen, deren Rand jedoch niemals, wie dort, geflügelt ist. Die Rinde entwickelt nur einmal Bastbündel; letztere werden, wie bei der Buche, allmälig auseinander geschoben, es entstehen bandförmig angeordnete Gruppen stark verholzter Zellen, welche dem Querschnitt der braungefärbten Borke das zierlich bandartige Ansehen verleihen. Die Borke ist holzig, ihr Periderma bleibt glatt, es besteht aus stark verdickten Zellen.

Die Rinde des gemeinen Ahorns (Acer campestre) endlich wird von einer dem Bouteillenkork entsprechenden, sehr elastischen, Korkart bekleidet. Diese Korkwucherung verleiht dem älteren Zweig oder Stamm ein eigenthümliches Ansehen. Der Kork wächst, dem Periderma der Birke ähnlich, schichtenweise; seine zartwandigen, elastischen Zellen reißen dagegen beim Austrocknen nicht bänderartig auseinander, der Kork des Ahorns blättert deshalb nicht ab; er ist dehnbar, bekommt jedoch sehr tiefe Längsrisse; unter seinem Schutz wächst die Rinde, welche auch späterhin Bastbündel bildet, weiter. Dem platanusblättrigen Ahorn (Acer platanoides) fehlt die stark wuchernde Korkhülle. Die Rinde des letztgenannten Baumes bildet späterhin eine abblätternde Borke.

Blicken wir jetzt auf die näher besprochenen Rindenarten und auf den Zusammenhang ihrer äußeren Eigenthümlichkeiten mit dem inneren Bau zurück, so sehen wir auch hier wie beim Holz, große Uebereinstimmung neben großen Abweichungen.

Die Rinde eines jeden jungen Stammes oder jedes jungen Zweiges ist von einer Oberhaut bekleidet. Schon im ersten Sommer stirbt dieselbe ab (bei allen von mir untersuchten Bäumen), weil sich entweder unmittelbar unter derselben, oder, wie bei allen Wurzeln, etwas tiefer im Gewebe der ursprünglichen Rinde eine Kork- oder Periderma-Schicht entwickelt. Nur bei der Mistel (Viscum album) bleibt die Oberhaut für das ganze Leben der Pflanze, bei dem naheverwandten Loranthus wird sie dagegen durch Periderma-Bildung abgeworfen; unsere Stechpalme (Ilex aquifolium) behält wiederum ihre Oberhaut mehrere Jahre; die Cacteen und Euphorbien bewahren dieselbe gleichfalls sehr lange.

Die Gegenwart eines wahren Periderma bedingt die glatte Beschaffenheit der Rinde. So lange der primäre Theil der Rinde unter seinem Schutz fortlebt, zeigt der Stamm keine Risse, das Periderma wächst mit ihm. — Die Buche, Tanne und Birke, so wie alle Bäume, welche lange einen glatten Stamm bewahren, zeigen, wo ein Ast vom Stamm abgeht, eine Rinden-Narbe, welche bei der Buche und Tanne ein sehr stumpfwinkliches, bei der Birke dagegen ein mehr gleichschenkliches Dreieck beschreibt. Diese Narbe bezeugt das Fortwachsen des Periderma mit dem Stamm. Die Buche und Tanne tragen ihre Aeste fast wagerecht; der Winkel in der Achsel des vom Stamm abgehenden Astes ist deshalb sehr stumpf, die durch die Ausdehnung des Periderma entstandene Narbe beschreibt deshalb einen flachen Bogen; während dieselbe Narbe bei der Birke, deren Aeste in einen spitzen Winkel vom Stamm nach aufwärts gehen, einen spitzen Winkel beschreibt. Die Dehnbarkeit oder das Fortwachsen des Periderma in der Breite zeigt sich ferner an der Stelle der Aeste, welche vormals Deckschuppen trugen; hier sind bei der Tanne, Buche, dem Kirschbaum u. s. w., den sehr verkürzten

Stengelgliedern der abgefallenen Deckschuppen entsprechend, Querfalten sichtbar. Diese Querfalten sind den Schuppenansätzen vergleichbar.

Bäume, deren Periderma-Bildung sich nur auf die Oberfläche der Rinde beschränkt, bilden niemals Borke, ihre primäre und secundäre Rinde bleibt für das ganze Leben thätig (bei der Buche und Hainbuche). Die Mehrzahl unserer Bäume behält nur für eine gewisse Reihe von Jahren eine glatte Rinde, später entsteht, durch Periderma- oder Kork-Bildung im Innern der Rinde, eine Borke, mit ihr erhält der Stamm eine zerrissene, abgestorbene Außenrinde. Als Beispiel gedenke ich der Fichte, Kiefer, Lerche, der Eiche, der Ulme, des Kirsch-, Pflaumen- und Aepfelbaums, der Birke, Erle, Weide, Pappel, der Linde u. s. w. Ob die Tanne, welche oftmals 100 Jahre und darüber eine glatte Rinde bewahrt, hierher zu rechnen ist, scheint mir zweifelhaft; ich möchte sie lieber mit der Buche und Hainbuche zusammenstellen.

Nach der Art des Periderma richtet sich sowohl die Weise seines Lebens als die Art des Abwerfens der Borke durch diese Korkbildung. Wenn stark verdickte Periderma-Schichten mit schwach verdickten Schichten wechseln, so blättert das Periderma, wenn es trocken wird, indem es pergamentartige Bänder oder Flächen bildet, vom Stamme (bei der Birke und dem Kirschbaum). Wenn ein derartiges Periderma tiefer in die Rinde eindringt, so blättern Borkenschichten vom Stamme (bei der Kiefer und der Platane). Die Gestalt solcher Borkenschuppen richtet sich nach der Weise, in welcher die Periderma-Bildung eintritt. Auch der Kork des gemeinen Ahorns besteht aus abwechselnden Schichten stärker und schwächer verdickter Zellen, der Bouteillenkork ist ähnlich gebaut; beide blättern nicht ab, weil der Gegensatz im Grad der Verdickung der Schichten hier ein ungleich geringerer ist, und überdies die Zellen des Korkes selbst sehr elastisch sind; eine solche Korkart läßt sich stark zusammenpressen. Das Periderma der Tanne, Buche, Hainbuche, Eiche rc. ist nicht geschichtet. Die drei erstgenannten Bäume bilden keine Borke, die letztere wirft ihre Borke nicht ab, auch die

Pappel, Weide, Erle u. s. w. behält ihre tief gerissene Borke, sie wirft keine Borkenschuppen ab.

Bäume mit glatter, borkenloser Rinde vernarben ihnen beigebrachte Wunden leicht; die Buche ist durch die Weise, in welcher sie große Verletzungen, z. B. den Stumpf ihr genommener Aeste überwallt, ausgezeichnet. Zeichen und Namen in die Rinde der Buche, Hainbuche, Linde und Tanne geschnitten, vernarben sehr schnell. Die Stämme und Zweige derselben Bäume verwachsen gleichfalls, wenn sie sich gegenseitig eine Wunde reiben, häufig mit einander. Verwachsene Buchen-, Linden- und Tannenstämme sind nicht selten; in Lindenlauben oder Hainbuchenhecken sucht man noch verwachsene Zweige selten vergebens; verwachsene Kiefer-, Fichten- und Eichenstämme sind dagegen ungleich sparsamer. So lange der Baum oder Ast keine Borke bildet, ist seine ganze Rinde thätig, während, sobald eine Borkenbildung eingetreten ist, nur die inneren Theile der Rinde lebendig sind; hieraus erklärt sich sowohl das leichtere Ueberwallen der Wunden gewisser Bäume, als die leichtere Verwachsung mehrerer Stämme oder Zweige mit einander.

Die Borke ist für den Baum selbst todt, ich bezweifle sogar, daß sie dem unter ihr liegenden lebendigen Theil der Rinde zum Schutz gegen die Winterkälte in allen Fällen nothwendig ist; die jungen Zweige, welche noch keine Borke besitzen, müßten alsdann im Winter erfrieren.

Ob Moos und Flechten die Borke bedeckt, scheint mir für den Baum gleichgültig; wenn dagegen Schmarotzerpflanzen auf der noch lebenden Rinde nisten, so werden dieselben dem Baum selbst nachtheilig sein. Die glatte Rinde der Buche und Tanne zeigt an gesunden Bäumen kaum hie und da einen leisen Flechtenanflug. Auf der trockenen Kiefernborke erhält sich kein Moos und keine Flechte, erst wenn die Borke durch Wärme und Feuchtigkeit in Fäulniß übergeht, erscheinen Flechten und Moose. Dumpfe und feuchte Bestände werden deshalb von ihnen zunächst heimgesucht; uralte Bäume, deren Borke, in Verwesung übergegangen, bereits einen Humus-

boden erzeugt hat, sind von Schmarotzern thierischer und pflanzlicher Art bewohnt. Die Flechte macht den Baum nicht krank, sie erscheint erst wenn der Baum krank ist, sie lebt von den Zersetzungs-Produkten der Rinde. — So lange ein Stamm oder Zweig noch keine Borke gebildet hat, enthält seine Rinde, die früh verloren gegangene Oberhaut abgerechnet, alle Theile, welche überhaupt in der Rinde vorkommen; mit der Borkenbildung geht auch jederzeit die primäre Rinde verloren. Die Glastanne behält deshalb bis ins späte Alter ihre Harzgänge, während letztere bei der Fichte und Kiefer mit der ersten Borkenschicht abgeworfen werden; die Lerche allein bildet runde Harzlücken nach.

Der primäre Theil der Rinde wird an der Wurzel aller von mir untersuchter Pflanzen schon sehr früh abgeworfen; die Rinde der Wurzel unserer Nadelhölzer enthält deshalb keine Harzgänge, nur die Lerche bildet auch hier in der secundären Rinde Harzhöhlen. Die Rinde der Abies-, Pinus- und Larix-Arten erzeugt alljährlich, gewissermaßen schichtenweise, concentrisch angeordnete Bastlagen, welche eine Reihe von Jahren hindurch saftreich bleiben und nicht verholzen, sich dann aber, nach der Baumart verschieden, verändern. Bei der Tanne entstehen in oder aus ihnen verzweigte und verholzte Zellen; bei der Fichte ersetzen nicht verzweigte, aber stark verdickte und verholzte, kurze Zellen deren Platz; bei der Lerche verholzen nur einige derselben; bei der Kiefer endlich sterben sämmtliche Bastzellen durch frühzeitige Borkenbildung ab, ehe sie derartige Veränderungen erleiden können. Die Rinde der Taxineen und Cupressineen entwickelt einzellige concentrische Bastreihen, deren Zellen meistens frühzeitig verholzen.

Einige Pflanzen bilden nur einmal Bast, d. h. die der Anlage nach vorhandenen Bastzellen entwickeln sich nur im ersten Lebensjahre der Rinde vollständig; so bei der Buche und bei der Platane, ferner bei der Mistel (Viscum) und bei den Menispermum-Arten. Die Bildung der Bastbündel ist bei der Erle und Hasel-

nuß, vom zweiten Jahre ab, nur auf bestimmte Stellen der Rinde beschränkt. Andere Pflanzen erzeugen dagegen alljährlich entwickelte Bastzellen, welche meistens in Gruppen angeordnet sind, (die Eiche, Linde, die Hainbuche, der Ahorn, die Ulme, die Weide; auch Loranthus ist nicht, wie die Mistel, auf eine einmalige Bastbildung beschränkt.) — Die Bastbündel aller von mir untersuchter Pflanzen zeigen in ihrer unmittelbaren Umgebung Längsreihen kurzer Zellen, welche große Krystalle enthalten, deren Gestalt verschieden ist, in der Regel aber dem Gypse entspricht; so namentlich bei der Kiefer. Die Eiche, Weide und Pappel sind besonders reich an solchen Krystallen. Das regelmäßige Vorkommen derselben in der unmittelbaren Nähe der Bastbündel kann vielleicht auf die Function der letzteren einiges Licht werfen. Es entsteht hier die Frage, sind die als Krystalle in der Umgebung der Bastzellen ausgeschiedenen mineralischen Stoffe in gelöster Form von der Wurzel aufgenommen, durch die Bastzellen aufwärts geführt und zunächst in die Zellen ihrer Umgebung ausgeschieden worden? oder sind die Bastzellen, vermöge der chemischen Beschaffenheit ihrer Wand und ihres Inhaltes, nicht fähig, genannte Stoffe in sich aufzunehmen? — Im Parenchym der Rinde findet man noch außerdem hier und da (z. B. bei der Weide und Pappel) Krystalldrusen.

Die chemische Beschaffenheit der Bastzellen selbst ist nach den Pflanzen sehr verschieden. Die Bastzellen der Nadelhölzer bleiben, wie wir gesehen, lange Zeit unverholzt, bei andern Bäumen verholzen dieselben schon im ersten Jahre. Einige Rinden enthalten außerdem noch verholzte Zellen (z. B. die Buche und Platane), anderen fehlen dieselben. Der Bast der Leinenpflanze, der ebenfalls aus der Rinde gewonnen wird, verhält sich chemisch etwas anders als der Bast des Flachses. Die Produkte der Rinde sind nach der anatomisch-chemischen Beschaffenheit derselben sehr verschieden.

Die Rinden, welche Borke bilden, verdicken sich, wie es scheint, ungleich stärker als diejenigen, welche keine Borke erzeugen. Die

Fortbildung der Buchenrinde steht mit dem Wachsthum des Holzes in keinem Verhältniß; auch die Tanne macht nur eine verhältnißmäßig schwache Rinde.

Die Mehrzahl der Bäume enthält in dem äußeren Theil der thätigen Rinde, gleichgültig ob primärer oder secundärer Natur, Blattgrün, welches den inneren Theilen derselben fehlt. — Zur Herbstzeit findet sich fast in allen Rinden Stärkemehl, doch nicht bei allen Bäumen in gleicher Menge. Der Gerbstoff ist namentlich in der Rinde zu Hause; bei dem einen Baum findet er sich reichlich, bei dem anderen sparsamer; die eine Rinde ist deshalb zum Gerben gewisser Lederarten tauglicher als die andere; die frische Rinde enthält den meisten Gerbstoff, man schält deshalb die jungen Eichen. Die Wand des Rindenparenchyms enthält, wie mir scheint, den meisten Gerbstoff, sie färbt sich durch schwefelsaures Eisenoxydul schwarz oder schwarzblau. Der Gerber benutzt zunächst die Eichen-, Erlen-, Fichten- und Tannenrinde; die Birkenrinde wird in Rußland zum Gerben des Juchtenleders gebraucht.

Die Bastschichten, d. h. die abwechselnden Lagen von Bastzellen zwischen dem allgemeinen Rindengewebe (Parenchym), welche namentlich bei der Linde, auch bei den Nadelbäumen, so deutlich ausgeprägt sind, lassen sich nicht, gleich den Jahresringen des Holzes, auf bestimmte Wachsthumsperioden zurückführen; die meisten Bäume machen in einer Wachsthumsperiode mehrere Bastlagen (als Beispiel der Weinstock).

Die glatte Rinde der Zweige vieler Bäume und Sträucher ist mit kleinen braunen oder grauen Flecken, die nach der Baumart eine verschiedene Gestalt besitzen, versehen; diese Flecken, welche man **Lenticellen** oder Korkwarzen nennt, sind Wucherungen des Korkes an bestimmten Stellen der Oberfläche, sie treten durch die Oberhaut oder durch das Periderma des Zweiges hervor. Wir finden dieselben an der Birke (S. 230), der Buche, dem Hollunder u. s. w., auch die Tannenrinde zeigt neben den Blattnarben hin und wieder Lenticellen, beide sind hier kaum von einander unter-

scheidbar, die Spiralstellung allein (S. 164) spricht für die Blattnarben.

Da ich alles, was außerhalb des Verdickungsringes liegt, als Rinde bezeichne, so besitzt der Stamm und die Wurzel der Monocotyledonen, desgleichen der Stamm der Baumfarren, ebenfalls eine Rinde. Bei der Palme und beim Drachenbaum wächst dieselbe, den Dicotyledonen ähnlich, durch den Verdickungsring, sie verdickt sich aber in der Regel in geringerem Grade. Auch hier muß man zwischen primärer und secundärer Rinde unterscheiden, obschon die Markstrahlen in der letzteren fehlen. Unter der Oberhaut entsteht auch hier eine Kork- oder eine Peridermabildung. Beim Drachenbaum findet man in der Rinde keine Gefäß- oder Bastbündel, während dieselben bei einigen Palmen auftreten, hier aber einen ganz anderen Ursprung und eine andere Bedeutung als bei unseren Bäumen besitzen. — Die in der Rinde verlaufenden Bastbündel der Palmen entstehen aus Gefäßbündelzweigen, welche über den Verdickungsring hinaustreten und deren Cambiumzellen nach und nach sämmtlich in Bastzellen umgewandelt werden. Eine wirkliche Borkenbildung ist mir für monocotyledone Pflanzen nicht bekannt. (?) — Beim Farrenstamm, dessen Verdickungsring nur sehr kurze Zeit thätig bleibt, verdickt sich die Rinde später nicht mehr, sie besteht aus Parenchym, welches im äußeren Umkreis der Rinde in der Regel stärker verholzt ist; senkrecht verlaufende Gefäß- oder Bastbündel sind bis jetzt in dieser Rinde nicht beobachtet worden.

Während das Holz der Bäume und strauchartigen Pflanzen gewissermaßen das Skelett derselben bildet, ihnen Härte und Festigkeit gewährt, selbst aber, einmal ausgebildet, abstirbt und demnach zum Leben der Pflanze wenig beiträgt, so dient die häufig lange thätig verbleibende Rinde auch lange dem Leben der Pflanze. Die Rinde des jungen Zweiges mit einer frischen, dem Blatte entsprechenden, Oberhaut bekleidet, nimmt, wie das Blatt, zu Anfang Luftnahrung in sich auf. Eine solche Rinde kann, wie uns die blattlosen Cacteen und Euphorbien beweisen, den Dienst der Blätter

ersetzen. Die Oberhaut wird, wie wir gesehen, in den meisten Fällen frühzeitig durch Kork oder Periderma ersetzt; die Aufnahme und Abscheidung tropfbarer oder dunstförmiger Stoffe wird durch diese Bildung aufgehoben, die Blätter müssen von nun an allein für atmosphärische Nahrung sorgen. — Das Nahrungsgewebe der Rinde verarbeitet die Stoffe anders als das junge, noch Saft führende, Holz, seine Bastzellen liefern Produkte, welche nur dieser Zellenart eigen sind, z. B. den Milchsaft der Gummibäume, welcher den Caoutschouc und das Gutta percha liefert. Im Milchsaft bestimmter Pflanzen finden sich tödtliche Gifte, z. B. das Opium, das Strychnin. Das furchtbare Pfeilgift der Indianer, aus dem Milchsaft verschiedener Bäume (Euphorbia-, Strychnos- und Urtica-Arten) gewonnen, enthält wahrscheinlich gelöstes Strychnin. — In der Rinde, in den Markstrahlen und im Holzparenchym des Splintes speichert der Baum unserer Zone zur Herbstzeit Nahrungsstoffe auf. Die frische Rinde der Bäume kann deshalb im Nothfall als Nahrungsmittel dienen; aus der Borke ist dagegen auch das Stärkmehl verschwunden. Das Wild frißt nur die junge Rinde ab, die Borke nutzt ihm nichts. Die frische Rinde der Eiche ist besonders stärkmehlreich.

Während im Cambium der Gefäßbündel, demnach bei unseren Bäumen zwischen Holz und Rinde, der von der Wurzel aufgenommene stickstoffreichere Saft, vermittelst Diffusion, nach aufwärts steigt, während die Markstrahlen eine wagerechte Saftverbindung der Rinde mit dem Mark oder mit dem Splint unterhalten, scheint in der Rinde, jedoch vielleicht nur für bestimmte chemische Stoffe (vergl. S. 39), ein absteigender Saftstrom vorherrschend. Die Erscheinungen an geringelten Aesten (vergl. S. 140), desgleichen eine ganz neue Beobachtung von Göppert*), sprechen entschieden für ein Abwärtssteigen des Saftes in der Rinde. Göppert sah einen Lindenstamm, der muthwilliger Weise zum Theil entrindet war.

*) Verhandlungen des schlesischen Forstvereins 1852. S. 355.

Ein Rindenlappen, welcher sowohl unten als seitlich vom Stamm getrennt, nur oben mit demselben verbunden blieb, hatte dessenohngeachtet fortdauernd neue Holz- und Rindenlagen gebildet.

Die Rinde schält sich im Frühjahr am leichtesten, weil dann das Cambium am saftreichsten ist; zur Zeit des sogenannten zweiten Triebes (vergl. S. 93) schält sie sich nochmals ziemlich leicht. Gefällte Bäume entrindet man gern gleich nach dem Schlag, theils um das rasche Austrocknen des Stammes, welcher alsdann nicht ausschlägt, zu befördern, theils um das Einnisten verschiedener Borkenkäfer, welche ihre Eier zwischen die Rinde gefällter Bäume legen, zu verhüten. Von der letzteren nähren sich überhaupt eine Menge verschiedener Insecten, die, wenn sie die jungen Theile der Rinde, desgleichen den Splint anfressen, für die Waldungen sehr gefährlich werden.

Das vollständige Entrinden eines Baumes tödtet denselben; die Eiche schält man häufig, ehe man sie fällt; der Stamm wird alsbald dürre. Wenn der Blitz an einem Baum herabfährt, so geht er zwischen Holz und Rinde, indem er die letztere sammt dem Splint vielfach zersplittert. Der Blitzstrahl fährt in der Regel nur an einer Seite herab; bei ästigen Bäumen theilt sich derselbe bisweilen.

An allen Stellen, wo die Rinde fehlt, kann sich der Baum nicht mehr verdicken, das Holz kann aus sich selbst nicht weiter wachsen, aber auch die Rinde kann aus sich nicht weiter leben, sie kann aus sich kein Holz bilden; das Cambium der Gefäßbündel, welches im Verdickungsring zwischen Holz und Rinde liegt, ist derjenige Theil, durch den sich beide fortbilden. In dem von Göppert beobachteten Falle (S. 241) mußte gerade das Cambium unversehrt erhalten sein. Wie durch das Cambium das Holz an seiner äußeren Seite wächst, dagegen von innen her, vom Mark aus abstirbt, so wächst umgekehrt durch dasselbe Cambium die Rinde von der inneren Seite her; sie stirbt von außen ab.

Das junge Holz, dessen Markstrahlen noch Saft führen, nennt

man Splint (Alburnum), das alte, ganz saftlose, Holz wird Kernholz genannt; die junge, saftführende, Rinde hat keine besondere Bezeichnung; die Borke (rhytidoma) ist der abgestorbene Theil der Rinde, letztere reißt beim Austrocknen nach der Baumesart in verschiedener Weise.

Das Dickenwachsthum des Stammes und der Zweige beruht, wie wir gesehen, auf der Fortbildung des Holzes und der Rinde durch das Cambium der Gefäßbündel, welches bei unseren Bäumen im Verdickungsringe liegt. Die Nahrung, durch welche diese Fortbildung ermöglicht wird, entnimmt der Baum der Luft und dem Boden; ein Baum, der viele Zweige treibt, bildet auch einen stärkeren Holzring und eine stärkere Rinde als ein Baum mit wenig Zweigen. Die Holz- und Rindenbildung ist, wie es scheint, mehr oder weniger örtlich; unter jedem Herenbesen (S. 133) entsteht eine starke Holzanschwellung; die Seite eines Baumes, welche mehr Aeste und Zweige als die andere Seite trägt, bildet gleichfalls mehr Holz und auch mehr Rinde; die Krone eines Baumes macht stärkere Holzlagen als der untere, astfreie, Theil des Stammes; die Bäume des geschlossenen Bestandes haben deshalb einen säulenförmigen Stamm. Würden die jährlich entstehenden Holz- und Rindenlagen eines Baumes von dessen Gipfel bis zur Wurzel herab eine durchaus gleiche Breite besitzen, so könnte der Stamm unserer Bäume nicht, wie im angegebenen Falle, säulenförmig erscheinen, er müßte kegelförmig werden. Bei der älteren Tanne ist die Stärke der Jahresringe im oberen Theil des Stammes mehr als bei anderen Bäumen in die Augen fallend; der gerade Stamm eines solchen Baumes gleicht einer sich ganz allmälig verjüngenden Säule. Es scheint demnach, als ob ein mehr örtlicher Verbrauch der Nahrungsstoffe sowohl die Anschwellung unterhalb des Herenbesens, als auch die stärkere Verdickung der Stammspitze veranlaßt. Eine örtlich vermehrte Ast- und Zweigbildung würde darnach eine gleichfalls örtlich vermehrte Holz- und Rindenbildung zur Folge haben.

Die Chinarinde, sowie andere tropische, in den Arzneischatz aufgenommene, Rinden, sind in ihrer Entwicklungsweise noch weniger bekannt, als die Rinden einheimischer Bäume. Die anatomischen Unterscheidungsmerkmale solcher Rinden können in manchen Fällen so wenig als die äußeren Kennzeichen für die eine oder andere Art sicher entscheiden. Verschiedene Chinarinden des Handels können möglicher Weise von einem und demselben Baum gesammelt sein, da, wie ich an unseren Nadelbäumen nachgewiesen, fast jeder Baum und jeder Zweig mit seinem Alter auch die Beschaffenheit seiner Rinde ändert. Um letztere genau kennen zu lernen, muß man ihr Leben aufs Genaueste studiren. Statt nur Sammler, denen in der Regel alle Kenntniß der Pflanzenanatomie und Physiologie abgeht, in die Tropen zu senden, sollte man einmal einen mit tüchtigen Kenntnissen ausgerüsteten Pflanzen-Physiologen für längere Zeit in jene Länder schicken. Der Nutzen einer solchen Sendung für die Wissenschaft und für den Handel würde viele Kisten trockener Pflanzen reichlich überwiegen.

VIII.

Die Blüthe und die Frucht.

Reichthum der Formen, schon in Stamm- und Blattgestalten vielfach ausgeprägt, tritt uns in der Blüthe noch mehr entgegen; kaum eine Blume gleicht der anderen. In der Blüthe feiert die Natur das Fest der gesetzmäßigen Freiheit, d. h. der Freiheit unter bestimmten Beschränkungen. Sehen wir die Blüthen der Weide und der Pappel neben der Blüthe des Kirschbaumes, sie haben kaum eine Aehnlichkeit; vergleichen wir die regelmäßige Blume der Lilie mit der so unregelmäßigen Blüthe der Orchideen, welche man sehr treffend Fratzenlilien genannt, so finden wir große, scheinbar nicht auf einen Plan zurückführbare, Verschiedenheiten, und doch geht in der Natur Alles nach Gesetz und Ordnung. Alle Blüthen dienen einem Zwecke, sie sind zur Samenbildung der Pflanze bestimmt.

Nicht der Formenreichthum allein, auch eine Mannigfaltigkeit der Farben kommt in der Blüthe zur Entfaltung. Der Blüthenschnee unserer Obstbäume, das Schwefelgelb der Rapsfelder im Frühling, das Roth der blühenden Haide geben zur bestimmten Jahreszeit einer Gegend ihre Färbung. Weniger gesellig lebende Pflanzen, z. B. viele Orchideen unserer Wiesen und Wälder, überraschen noch mehr durch ihre Farbenpracht. Wer könnte die so schön sammetartig gezeichnete braune Orchis (Orchis fusca) oder die nicht minder schöne, wunderbar gestaltete, leider sehr seltene,

Bocksorchis (Himantoglossum hircinum) ohne Bewunderung betrachten; wer pflückt das stille Vergißmeinnicht, ohne sich an seinem Himmelblau zu freuen?

Zu den Formen und Farben gesellt sich in der Blüthe noch die Mannigfaltigkeit der Gerüche. Die Rose und die blühende Orange duften, der Wohlgeruch der blühenden Linde lockt des Dorfes Kinder unter ihre Zweige. Die Mehrzahl unserer Orchideen (Platanthera, Gymnadenia adoratissima) verbreiten liebliche Düfte.

Innrer Gluth geheimes Leben zucket hier in jedem Blatt.
In den Blumen eingeschlossen lodert ein verborgnes Licht,
Das in bunten satten Farben durch die Blätterschleier bricht.
(G. Pfitzer.)

Worauf beruht der Reichthum der Gestalten, worauf die Mannigfaltigkeit der Farben und der Gerüche? — Die Formen werden durch die Entwicklungs- und Ausbildungsweise der Blüthentheile bedingt, die Farben und die Gerüche entstehen durch chemische Thätigkeit der Zellen. Wenn sich die Blume entfaltet, treten alle drei in ihrer vollen Kraft hervor.

Fragen wir, was ist die Blüthe? und so wird wohl Mancher, der die Natur aufmerksam betrachtet, fragen: so lautet die Antwort der Entwicklungsgeschichte, welche hier, wie in so vielen anderen Fällen, allein entscheiden kann: Die Blüthe ist ein Zweig mit verkürzten Stengelgliedern, dessen Blätter als bestimmte Blüthentheile, als Kelch, Blumenblätter, Staubfäden und Fruchtblätter verwerthet sind. Die Staubfäden, jederzeit aus wahren Blattanlagen entstanden, entwickeln den Blüthenstaub; im Fruchtknoten, der sowohl aus verwachsenen Blättern, als auch aus dem hohl gewordenen Stammtheil der zur Blüthe umgebildeten Stammknospe entstehen kann, bilden sich die Samenknospen; letztere entstehen bei den Nadelbäumen an einer freien, blattlosen, Stammknospe.

Die Blüthe ist dasjenige Organ der Pflanze, welches die Anlage zum Samen bildet, sie ist das Fortpflanzungs-, wenn man

so will, das Geschlechtsorgan. Zur Bildung des Samens sind zwei Dinge nöthig, der Blüthenstaub, in welchem die Anlage zum Keime liegt und die Samenknospe, in welcher sich der Keim ausbildet. Jede Knospe, welche die Anlage der Staubfäden oder der Samenknospen umschließt, ist deshalb eine Blüthenknospe; Kelch und Blumenblätter, welche zum Geschäft der Fortpflanzung direct nicht thätig sind, fehlen mancher Blüthe.

Blumen, welche Staubfäden und Samenknospen bei einander enthalten, nennt man Zwitterblüthen (flores hermaphroditi). Sind die zur Samenbildung nothwendigen Theile nicht in einer Blume vereinigt, so redet man von eingeschlechtigen Blüthen (flores unisexuales); ich würde die Zwitterblüthen vollkommen, die eingeschlechtigen Blüthen unvollkommen nennen. Die Blume, welche nur Staubfäden trägt, wird als männlich, die Blume, welche nur Samenknospen entwickelt, wird als weiblich bezeichnet; ich würde erstere Pollenblüthe, letztere Samenblüthe nennen.

Die Blüthe entsteht, wie schon erwähnt, aus einer Stammknospe; sie besitzt ein Stammorgan und Blätter. Göthe erkannte zuerst in den Blüthentheilen veränderte Blätter; die Verwandlungslehre oder die Lehre des Uebergangs der Stammknospe zur Blüthe ward zunächst durch ihn angeregt und von den Pflanzen-Physiologen durch directe Forschung wirklich begründet. Schleiden, dem die Entwicklungsgeschichte im Pflanzenreich insbesondere ihren Aufschwung verdankt, gab für die Entstehung der Blüthe wichtige Aufschlüsse, er zeigte unter Anderem, daß nicht die Blätter allein zur Bildung der Blüthe thätig sind, daß vielmehr mancher Fruchtknoten aus einem hohlgewordenen Stammtheil entsteht.

Zu jeder Blüthe gehört demnach ein Stammtheil mit Blattorganen. Mehrere Blüthen auf einem gemeinsamen Blüthenstiel bilden einen Blüthenstand (Inflorescentia). Aus der Blüthe wird nach der Bestäubung die Frucht, aus der Samenknospe bildet sich der Same; in letzterem entsteht der Keim zur neuen Pflanze.

Schon in der Blattstellung am Stamm trat uns eine große Regelmäßigkeit entgegen (S. 162), in der Blüthe wiederholt sich dieselbe in einem noch höheren Grade; aber auch die Ausnahmen finden sich dort wie hier in zahlreicher Menge. Man unterscheidet zwischen regelmäßigen und unregelmäßigen Blüthen. In der Blume sind die Blätter, da die Stengelglieder mehr oder weniger verkürzt bleiben, als Kreise angeordnet.

Im Abschnitt V. habe ich bereits der zur Blüthe gehörigen Blätter gedacht. — Entsteht die Blume aus einer Endknospe, so fehlt ihr das Blüthendeckblatt (Bractea); entspringt sie dagegen aus einer Achselknospe, so ist dieselbe jederzeit mit einem Blüthendeckblatt, welches jedoch bei manchen Pflanzen schon sehr früh, noch vor der Blüthenentfaltung, abgeworfen wird, versehen; die Narbe des abgeworfenen Deckblattes ist jederzeit bemerkbar. Entwickelt sich die Blüthe aus einer Nebenknospe, wofür mir freilich keine sicheren Beispiele bekannt sind, so muß das Blüthendeckblatt gleichfalls fehlen. Die Bractee ist in allen Fällen ein gewöhnliches Laubblatt, dessen Achselknospe, statt eines Zweiges, eine Blüthe entwickelt. Die Orchisarten sind mit sehr entwickelten Bracteen begabt, das Blüthendeckblatt der Linde ist mit dem Blüthenstiel verwachsen oder richtiger nicht von ihm getrennt. Die große weiße Blattfläche, welche den Blüthenstand, den Blüthenkolben, der äthiopischen Calla umschließt, ist ein Deckblatt dieses Blüthenstandes. — Die oftmals, wie in den beiden letztgenannten Fällen, nicht unwesentlichen Verschiedenheiten zwischen dem wahren Laubblatt und dem Blüthendeckblatt bezeichnen gewissermaßen den ersten Schritt des Uebergangs der Stammknospe zur Blüthe; sogar das Laubblatt, in dessen Achsel die Knospe entstand, nimmt mehr oder weniger an dieser Umwandelung Theil. Das Blüthendeckblatt ist in der Regel anatomisch dem Laubblatt entsprechend gebaut.

Die Kelchblätter (Sepala) bilden den ersten Blattkreis einer Blüthe; in der Regel grün gefärbt, gleichen dieselben den Laubblättern ungleich mehr als der ihnen folgende Kreis der Blumen-

blätter. Finden sich mehrere grün gefärbte Blattkreise in einer Blüthe über einander, so spricht man von einem doppelten oder mehrfachen Kelch. Der erste Kreis der Kelchblätter wird alsdann bisweilen als Hüllkelch bezeichnet, so bei den Malven. Ist in der Blüthe nur ein Blattkreis vorhanden und berechtigt seine Färbung nicht, denselben als Kelch oder Blumenkrone anzusehen, so redet man von einer Blüthenhülle (einem Perigonium). Die Antheren tragende Einzelblüthe der männlichen Erlenkätzchen ist mit einem viertheiligen Perigon versehen (Taf. 4, Fig. 22 u. 23 per). Die Lindenblüthe zeigt einen sehr schön ausgebildeten, fünfblättrigen, einfachen Kelch; die Kirsch-, Apfel- und Pflaumblüthen sind gleichfalls mit einem einfachen, fünfblättrigen, Kelch versehen. Bei den Einzelblüthen der Compositen ist der Kelch als Federkrone (Pappus) entwickelt.

Die Blumenblätter (Petala) bilden den auf den Kelch folgenden Blattkreis der Blüthe; sie sind in der Regel weiß oder farbig, selten, wie die Kelchblätter, grün gefärbt; sie erscheinen als einfacher oder mehrfacher Kreis; einfach bei der Kirsch- und Apfelblüthe, mehrfach bei der Seerose (Nymphaea). Die gefüllten Blumen sind mit mehreren oder zahlreichen Blumenblattkreisen versehen; der gefüllte Zustand einer Blüthe ist aber keineswegs normal, in der Regel fehlen alsdann die Staubfäden, weil sich statt ihrer Blumenblätter ausbildeten.

Schon die Laubblätter zeigen, wie wir im Abschnitt V gesehen, mannigfache Formen; bei den Blumenblättern vermehrt sich der Gestaltenreichthum noch auffallender. Es giebt gestielte und ungestielte Blumenblätter; den Stiel der Blumenblätter hat man Nagel (Unguis) genannt; die Nelkenarten, so wie alle Sileneen, desgleichen die Kreuzblüthler (Cruciferen), wohin der Raps gehört, sind mit gestielten Blumenblättern versehen. Nicht immer sind die Blumenblätter bis zu ihrem Grunde getrennt, man spricht alsdann von einer verwachsenen Blumenkrone (Corolla gamopetala); richtiger sollte man von nicht getrennten Blumenblättern reden. Eine Verwachsung setzt voraus, daß ein Organ vormals getrennt ge-

wesen; die Entwickelungsgeschichte der sogenannten verwachsenen Blumenkrone lehrt dagegen, daß nur die Spitze ihrer Blätter getrennt unter dem Vegetationspunkt der Blüthenknospe hervortritt, daß demnach keine Verwachsung erfolgt, dagegen eine Trennung der angelegten Theile unterbleibt. Nicht getrennte Blumenblätter sehen wir bei der Glockenblume (Campanula), beim Vergißmeinnicht (Myosotis) und bei der Winde (Convolvulus). Die Farbenpracht der Blüthen entfaltet sich zunächst in den Blumenblättern; der Sammetglanz der Farben wird in vielen Fällen, so bei der Rose und den Orchideen, durch eine eigenthümliche papillöse Oberhaut, an welcher sich die Strahlen des Lichtes brechen, hervorgerufen. Die Blumenblätter sind in der Regel von Nerven (Gefäßbündeln) durchzogen. — Wenn sich zwei Blattkreise (Kelch und Blumenkrone) durch Färbung und Gestalt schwer unterscheiden lassen, z. B. bei der Tulpe, so redet man von einer doppelten Blüthenhülle (vgl. S. 249).

Auf den Kreis der Blumenblätter folgt der Kreis der **Staubblätter** oder **Staubfäden** (Stamina). Viele Pflanzen sind mit einem einfachen (das Vergißmeinnicht, die Erlenblüthe, die Stachelbeere rc.), andere dagegen mit einem mehrfachen Staubfadenkreis versehen (die Kirsch- und Lindenblüthe).

Die Blattfläche des Staubfadens, in welcher sich der Blüthenstaub entwickelt, hat man Staubbeutel (Anthera) genannt, den Blattstiel des Staubfadens dagegen als Antherenträger (Filamentum) bezeichnet. Es giebt sitzende und gestielte Staubfäden; manche sind mit einem Blattgelenk (S. 148) versehen, anderen fehlt dasselbe. Nach der Art, wie sich die Blattfläche des Staubblattes ausbildet, wird die Anthere zwei-, vier- oder mehrfächrich, nach der Art, wie sie aufspringt, um ihren Blüthenstaub zu entlassen, richtet sich ihre Gestalt zur Zeit der Blüthe. Das Staubblatt ist, soweit mir bekannt, immer nur mit einem Mittelnerv versehen, sein Gefäßbündel schickt, wenn beide Blattseiten Blüthenstaub entwickeln, niemals Seitennerven aus. Den Mittelnerv des Staubblattes nennt man das **Connectiv**.

Die Mehrzahl der Staubblätter ist ursprünglich vierfächrig, d. h. es bilden sich im Nahrungsgewebe ihrer Blattfläche, wenn letztere kaum angelegt ist, vier gesonderte Längsgruppen von Mutterzellen und zwar so, daß jede Blattseite zwei solcher Reihen besitzt (Fig. 52). In diesen Mutterzellen entsteht der Blüthenstaub. Die Scheidewand der beiden Fächer einer Blattseite wird kurz vor der Blüthe aufgelöst, die Anthere ist um diese Zeit scheinbar zweifächrig; sie öffnet sich in der Regel mit zwei Längsspalten. So bei der Kirsche, dem Mandelbaum, dem Vergißmeinnicht, der Lilie und bei der Mehrzahl der Pflanzen überhaupt. Viele Staubfäden, in unseren botanischen Handbüchern als zweifächrig beschrieben, sind in der That vierfächrig. — Wirklich zweifächrige Antheren, wo an jeder Seite des Mittelnervs nur eine Gruppe von Mutterzellen zur Bildung des Pollens entsteht, besitzen die Asclepiadeen, einige Amaranthaceen, ferner einige Nadelhölzer, z. B. die Lerche (Fig. 53), die Tanne und die Kiefer. Bei den Nadelhölzern ist die Ausbildung der Antheren überhaupt sehr

Fig. 52.

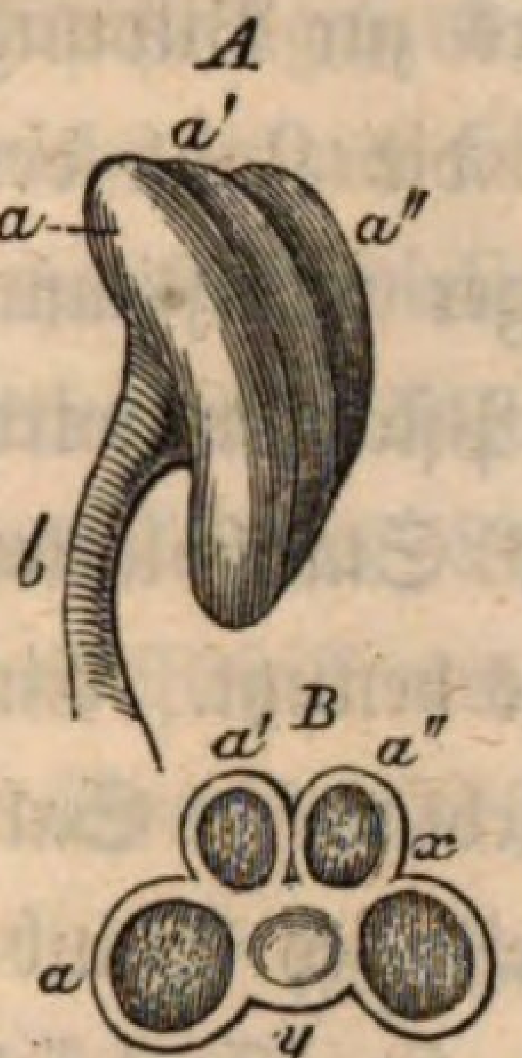


Fig. 53.

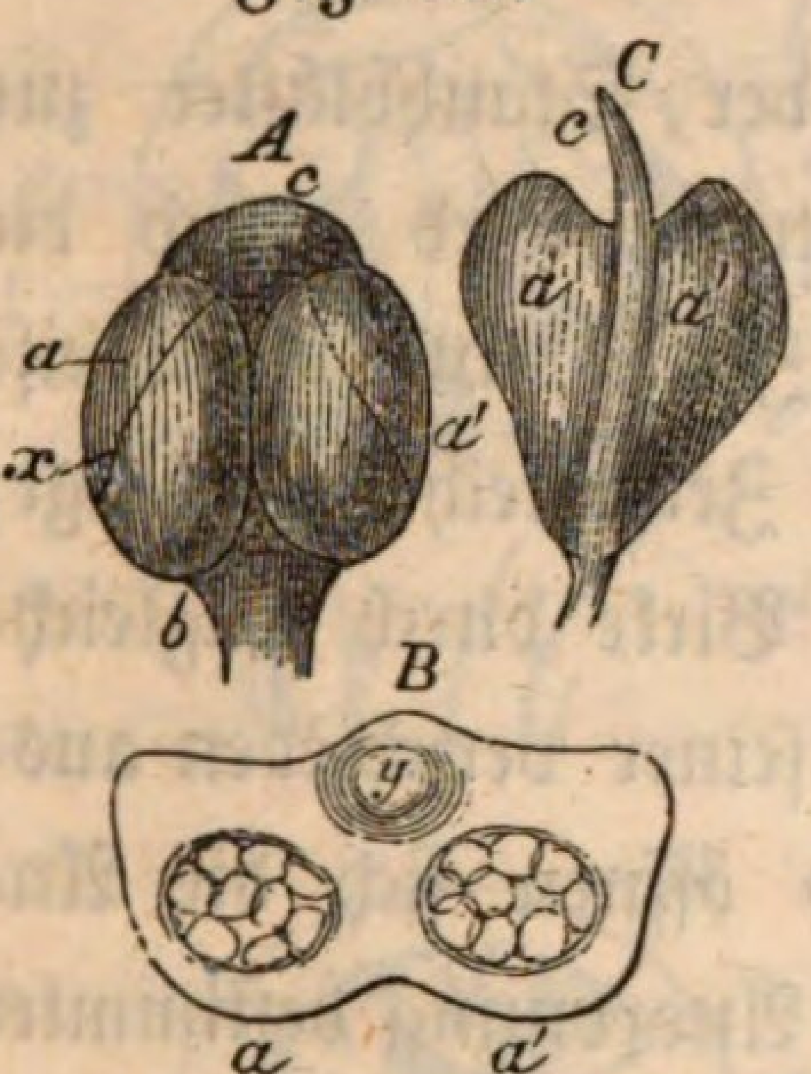


Fig. 52. A Ein Staubfaden des Mandelbaumes (Amygdalus) kurz vor dem Aufspringen. a u. a' Die beiden Fächer einer Seite. a'' Ein Fach der anderen Seite. b Der Staubfadenträger. x Die Längsfurche, welche sich beim Aufspringen öffnet. B Ein Querschnitt dieses Staubfadens. y das Gefäßbündel.

Fig. 53. Staubfäden der Lerche (Larix europaea). A Im halbreifen Zustande. a u. a' Die beiden Fächer. b Das Filament. x Die Linie, nach welcher späterhin der Staubfaden aufspringt. B Querschnitt eines solchen Staubfadens. y Das Gefäßbündel. C Ein bereits aufgesprungener Staubfaden von der Hinterseite. c Die Spitze desselben, der Spitze einer Lerchennadel entsprechend. Die übrigen Bezeichnungen bei B und C gleichbedeutend mit A. (Vergröß. bei A 30 mal, bei B 50 mal, bei C 6 mal.)

Fig. 54.

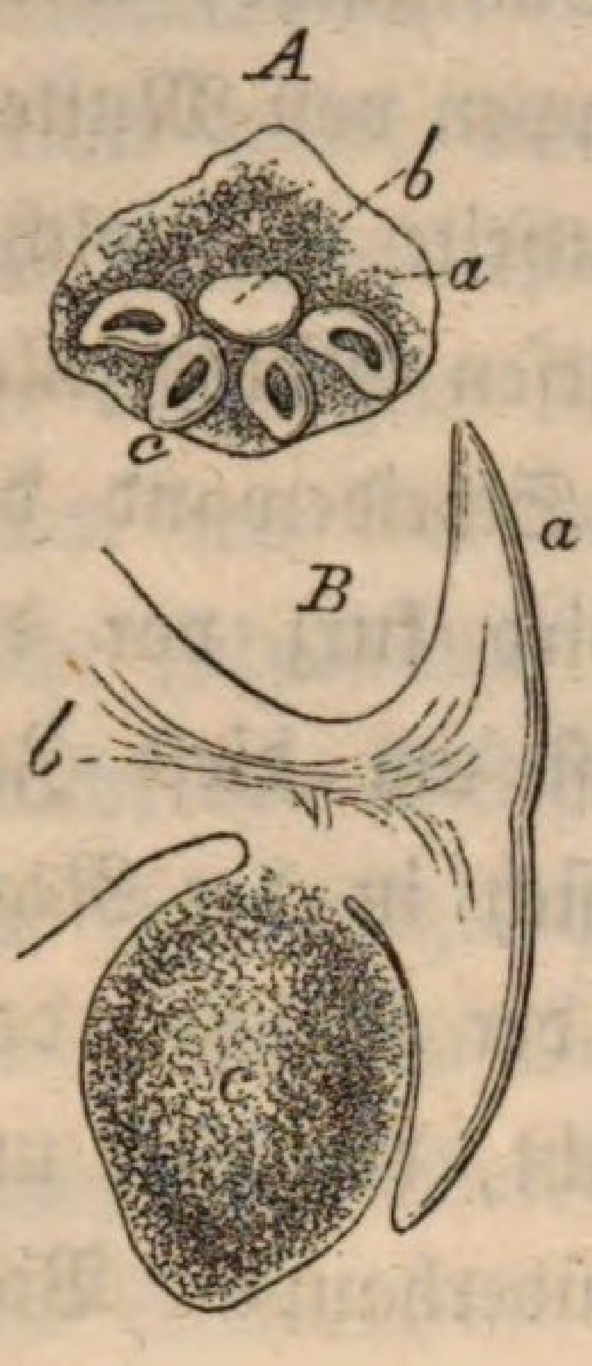
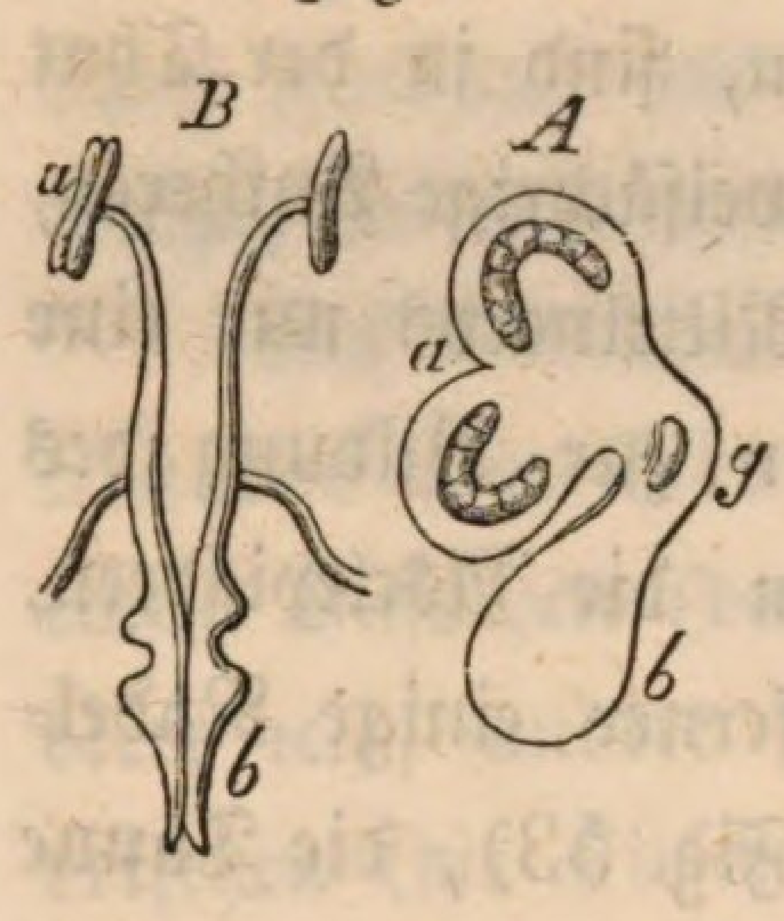


Fig. 55.



mannigfaltig; der Eibenbaum (Taxus) besitzt sechs- bis siebenfächrige Staubblätter; die einzelnen Fächer umgeben das centrale Gefäßbündel. Bei der Cypresse und beim Lebensbaum sind nur einzelne Partien des Staubblattes zur Bildung des Blüthenstaubes verwendet; die Zahl der Fächer ist hier mehr oder weniger unbestimmt (Fig. 54). Bei noch anderen Pflanzen wird constant nur die eine Seite des Staubblattes zur Bildung des Blüthenstaubes benutzt. Ein auffallendes Beispiel dieser Art giebt unsere Salvia; die normal ausgebildete Seite des Staubfadens ist zweifächrig (Fig. 55), sie öffnet sich mit einer Längsspalte.

Das Aufspringen der Staubblätter zur Zeit der Blüthenentfaltung wird durch die Anordnung bestimmter Zellen und die Weise des Vertrocknens dieser Zellenreihen bedingt; wie das Periderma der Birke durch ungleichartiges Zusammenziehen seiner verschieden ausgebildeten Schichten abblättert (S. 230), so öffnen sich die Antheren des Staubfadens gesetzmäßig nach der Anordnung bestimmter Zellenreihen. Die Anthere des Lorbeerbaumes und des Berberitschenstrauches springt mit einem Deckelchen auf, die Staubbeutel der

Fig. 54. A Der schildförmige Staubfaden der Cypresse (Cupressus sempervirens), von unten gesehen. a Die Blattfläche. b das Filament. c Die Antherenfächer auf der Blattfläche. B Längsschnitt durch eine junge Anthere; die Bezeichnung wie oben. (A 8 mal, B 25 mal vergrößert.)

Fig. 55. B Die beiden Antheren einer Salvia (Salvia nivea). a Die ausgebildete, zweifächrige Seite des Staubfadens. b Die andere Seite desselben, welcher der Staubbeutel fehlt. A Ein ganz junger Staubfaden im Querdurchschnitt. Die übrigen Bezeichnungen wie oben. y Das Gefäßbündel des Staubfadenträgers. (A 50 mal, B 8 mal vergrößert.)

Pyrola-Arten und des Nachtschattens (Solanum nigrum) öffnen sich an ihrer Spitze mit einem runden Loch; die Mehrzahl der Staubbeutel entlassen dagegen ihren Blüthenstaub aus einer Längsspalte.

Wie die Blumenblätter vielfach vereinigt, d. h. nur an ihrer Spitze gesondert, auftreten, so sind auch die Staubfädenträger nicht immer bis zum Grunde getrennt; wir finden dies besonders schön bei vielen Amaranthaceen (Gomphrena, Alternanthera), ferner bei Ruscus. Bei den Compositen sind die als Staubbeutel entwickelten Blattflächen des Staubfadens mit einander zu einer das Pistill umgebenden Röhre verwachsen (wahrscheinlicher verklebt), während die Filamente der Staubblätter in der Regel getrennt erscheinen. Wie die Gestalt der Blattfläche überhaupt, so ist auch die Gestalt der Antheren sehr verschieden; einige sind mit Anhängseln versehen (Asclepias), anderen fehlen dieselben. Die Formen der Staubfäden werden für die beschreibende Botanik wichtig.

Wir kommen jetzt zum Kreis der **Fruchtblätter** (Carpella), welche den Blattfruchtknoten (Pistillum, Ovarium) bilden. Derselbe kann aus **einem** Fruchtblatt, er kann aber auch ebensowohl aus mehreren entstehen. Aus einem Fruchtblatt bildet sich der Fruchtknoten der Kirsche und der Mandel (Fig. 56), ferner der

Fig. 56.

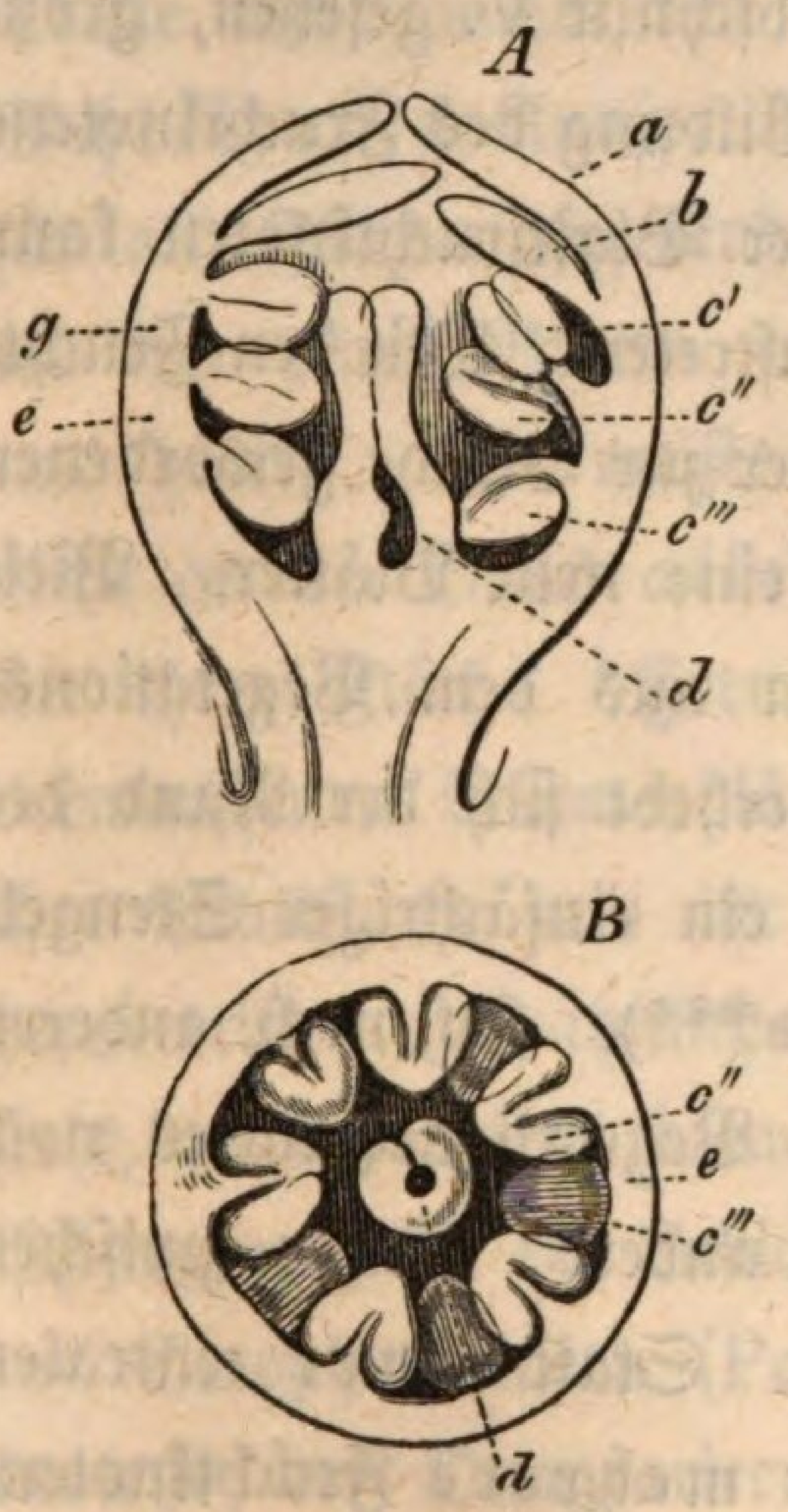


Fig. 56. A Längsschnitt einer ganz jungen Kirschblüthe (Prunus Cerasus). a Kelchblatt. b Blumenblatt. c', c'' u. c''' Antheren, drei verschiedenen Kreisen angehörig. d Der Fruchtknoten, aus einem Fruchtblatt entstanden. e Der Blüthenboden, d. h. der Grund der Blüthe, welcher Staubfäden, Blumenblätter und Kelchblätter trägt. B Querschnitt einer Blüthenknospe desselben Entwicklungszustandes in der Höhe von g bei A ausgeführt. Die Bezeichnung wie bei A. (Vergröß. 40 mal.)

Leguminosen, der Proteaceen (Manglesia); aus mehreren (drei) Fruchtblättern entsteht der Fruchtknoten der Passionsblume*), aus zwei Fruchtblättern bildet sich der Fruchtknoten der Asclepiadeen**). Während der untere Theil der Fruchtblätter entweder mit einander verwächst oder ungetrennt emporsteigt und zur Wand der Fruchtknotenhöhle wird, erhebt sich der obere Theil als Staubweg, die Spitzen der Fruchtblätter werden als Narben entwickelt. Die Gräser, deren Fruchtknoten aus einem Fruchtblatt entsteht, besitzen zwei, seltener drei, Narben. Die Entwicklungsgeschichte des Fruchtknotens ist uns nur für wenige Fälle genau bekannt, wir können deshalb nicht überall seine Verhältnisse richtig deuten. Die Entwicklungsgeschichte der Blätter verschiedener Pflanzen zeigt in der Ausbildungsweise ihrer Blattfläche, wie wir im Abschnitt V. gesehen, große Verschiedenheiten; dieselben treten bei der Bildung des Fruchtknotens in einem noch höheren Grade hervor. Der Blattfruchtknoten kann sowohl einfächrig als auch mehrfächrig auftreten. Mit den Fruchtblättern schließt sich der Vegetationspunkt der zur Blüthe gewordenen Stammknospe, d. h. er entwickelt fortan keine neue Blätter. Viele Pflanzenfamilien bilden ihren Fruchtknoten aus dem Vegetationspunkt der Knospe selbst; in diesem Falle erhebt sich der Rand des letzteren über seine Spitze und es entsteht ein einfächriger Stengelfruchtknoten (bei den Cappárideen, Cleome***). In noch anderen Fällen erheben sich außer dem Rand des Vegetationspunktes noch bestimmte Partien des letzteren, während andere, welche zwischen ihnen liegen, im Wachsthum zurückbleiben. Statt e i n e r centralen Fruchtknotenhöhle entstehen in diesem Falle m e h r e r e Fruchtknotenfächer. Der fünffächrige Fruchtknoten der Balsamine†) bildet sich auf diese Weise.

*) Schleiden's Grundzüge Ausgabe II. Bd. II. Taf. III. Fig. 9.

**) H. Schacht, das Mikroskop und seine Anwendung Taf. II. u. III.

***) Schacht, das Mikroskop, Taf. V. Fig. 1—3.

†) Schacht, Entwickelungsgeschichte des Pflanzen-Embryon Taf. XXII. Fig. 4—6.

Die Fruchtknotenhöhle oder, wenn mehrere Fächer vorhanden sind, die Fruchtknotenhöhlen stehen in allen Fällen durch den Staubweg, der in der Regel eine kürzere oder längere Röhre bildet, mit der Außenwelt in directer Verbindung. Der Staubweg trägt die Narbe, wenn eine solche überhaupt vorhanden ist. In der Regel entspricht die Zahl der Narben den zur Bildung des Fruchtknotens verwendeten Fruchtblättern; so bei der Wasserrose (Nymphaea) und bei den Ranunculaceen; bei den Gräsern dagegen sind zwei, seltener drei Narben vorhanden, während, wie es scheint, nur ein Fruchtblatt zur Bildung des Fruchtknotens verwendet wird.

Die Entwicklungsgeschichte des Fruchtknotens, welche ich keineswegs für so schwierig halte, giebt für die Deutung der entstehenden Theile nicht immer den Aufschluß, welchen wir erwarten. Wäre Schleiden's Ausspruch: das Blatt wächst nur an seiner Basis, für alle Fälle maßgebend, so würden wir leicht nachweisen können, wo wir einen Blatt- und wo wir einen Stengelfruchtknoten vor uns hätten. Die meisten Blätter wachsen indeß, wie ich gezeigt, nicht an der Basis allein, sondern gleichzeitig an bestimmten Stellen ihrer Fläche. Ferner ist uns bekannt, daß die sogenannten verwachsenen Blumenblätter nur ihre Spitzen getrennt entwickeln, ihre Blattfläche und ihr Grund dagegen ungetrennt, röhrenartig, hervortritt. In ähnlicher Weise als derartige Blumenkronen, entsteht, nach meinen eigenen Untersuchungen, der Fruchtknoten vieler Pflanzen, z. B. der Labiaten (Stachys), der Borragineen (Anchusa), der Scrophularineen (Polycarena); sogar die Anlage des Fruchtknotens der Onagrarieen (Epilobium) zeigt vier, den Blattspitzen entsprechende, Erhebungen. In solchen Fällen ist es schwierig, scharf zu unterscheiden. Wenn dagegen, wie bei der Kirsche und bei der Mandel, ein einziges Blatt mit seinen Rändern verwächst oder wenn mehrere getrennt auftretende Blätter gleichfalls mit ihren Rändern verwachsen, wie bei den Asclepiadeen, so läßt sich die Blattnatur des Fruchtknotens nicht bezweifeln, eben so wenig läßt sich für einen wahren unterständigen Fruchtknoten, z. B.

bei den Cucurbitaceen und den Orchideen die Stengelnatur des letzteren bestreiten. In sehr vielen Fällen wird der Fruchtknoten in seinem oberen Theil aus nicht getrennten Blättern, in seinem unteren Theil dagegen aus einem hohlgewordenen Stammtheil gebildet. Mir scheint die Frage, ob ein Fruchtknoten aus Blatt- oder Stengelorganen entstanden, von sehr untergeordneter Bedeutung; es ist nur wichtig, hier zu wissen, daß in einem Falle Blätter, in einem anderen Stammtheile einen Fruchtknoten bilden können.

Die Fruchtblätter sind in allen Fällen die letzten blattartigen Erzeugnisse des Vegetationspunktes der Stammknospe, mit ihrer Bildung hört sein Leben auf. Blatt- und Stammorgan gehen hier gewissermaßen in einander über. Die einzigen sicheren Kennzeichen eines wahren Blattes: sein Entstehen unter dem Vegetationspunkt einer Stammknospe und das Fehlen eines eigenen Vegetationspunktes an seiner Spitze, müssen auch hier in zweifelhaften Fällen unsere Deutung leiten. Demnach muß ich den Fruchtknoten der Labiaten, Borragineen und Scrophularineen für einen Blattfruchtknoten; den Fruchtknoten der Onagrarieen dagegen für einen Blatt- und Stengelfruchtknoten erklären. Den Staubweg und die vier Narben der Onagrarieen halte ich für Blattorgane, die Fruchtknotenhöhle gehört dagegen entschieden dem Stamme an.

Der Fruchtknoten wird als eines der wesentlichsten und deshalb in seinem Bau beständigsten Organe der Pflanze für die beschreibende Botanik von großer Wichtigkeit. Es ist hier zunächst und zwar durch einen Querschnitt zu ermitteln, ob derselbe einfächrig oder mehrfächrig ist, und wie in seinem Innern die Samenknospen angeheftet sind. Den Theil, der die Samenknospen trägt, bezeichnet man als **Knospenträger** (Spermophorum, Placenta), bei einigen Blumen, z. B. bei Butomus (einer unserer schönsten Wasserpflanzen) ist die ganze Innenfläche jedes Fruchtblattes mit Samenknospen überdeckt, hier ist kein besonderer Knospenträger unterscheidbar. In vielen anderen Fällen treten die Knospenträger um so deutlicher

hervor. Sie sind entweder wandständig, mittelständig oder grundständig. Wandständige Knospenträger ragen oftmals so tief ins Innere der Fruchtknotenhöhle hinein, daß sie sich gegenseitig berühren und so den wirklich einfächrigen Fruchtknoten mit wandständigen Samenträgern zum scheinbar mehrfächrigen Fruchtknoten mit einem centralen Samenträger umgestalten. Dieser Fall gilt für die Familie der Onagrarieen (Fig. 57), der Cucurbitaceen, der

Fig. 57.

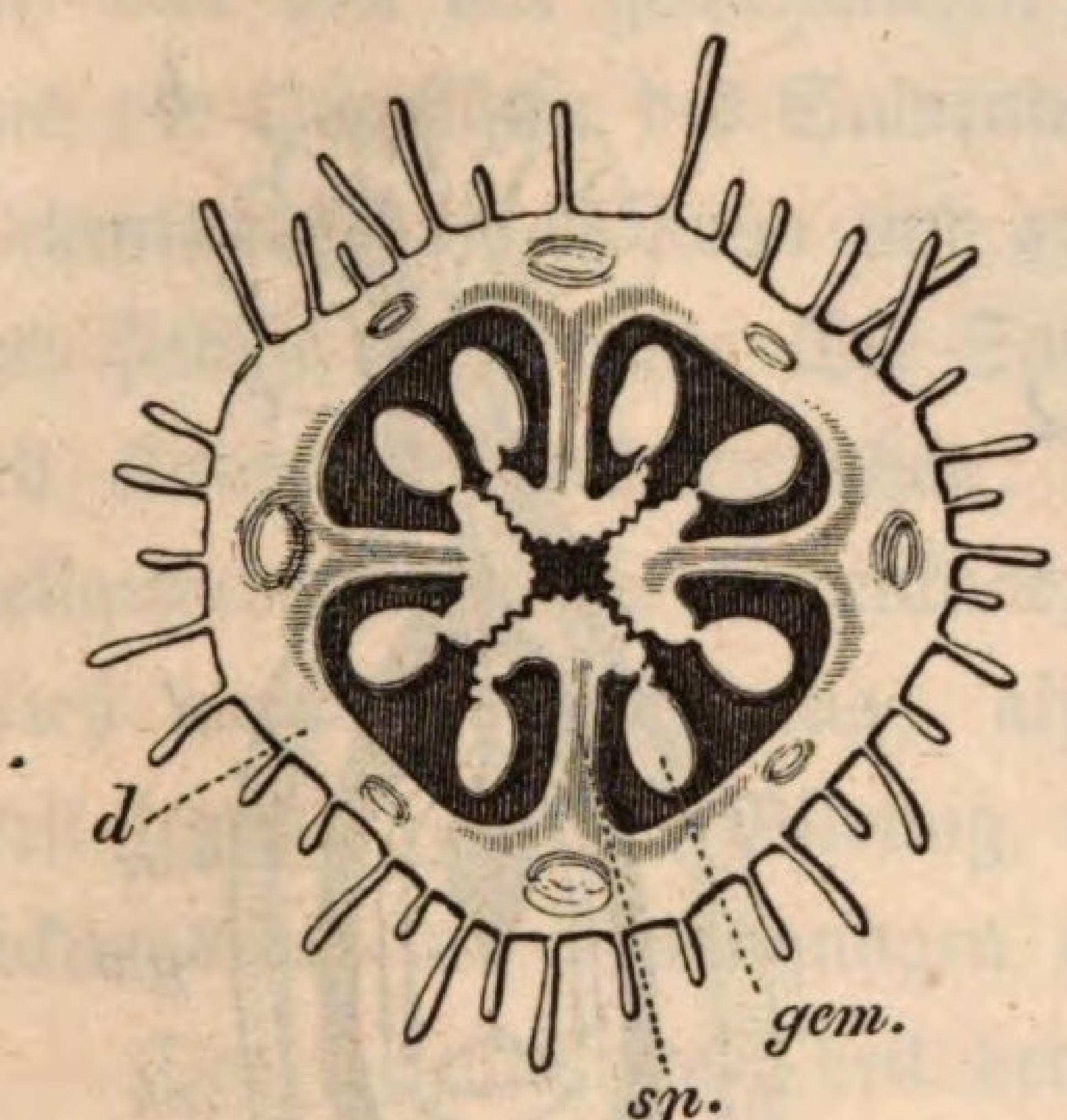
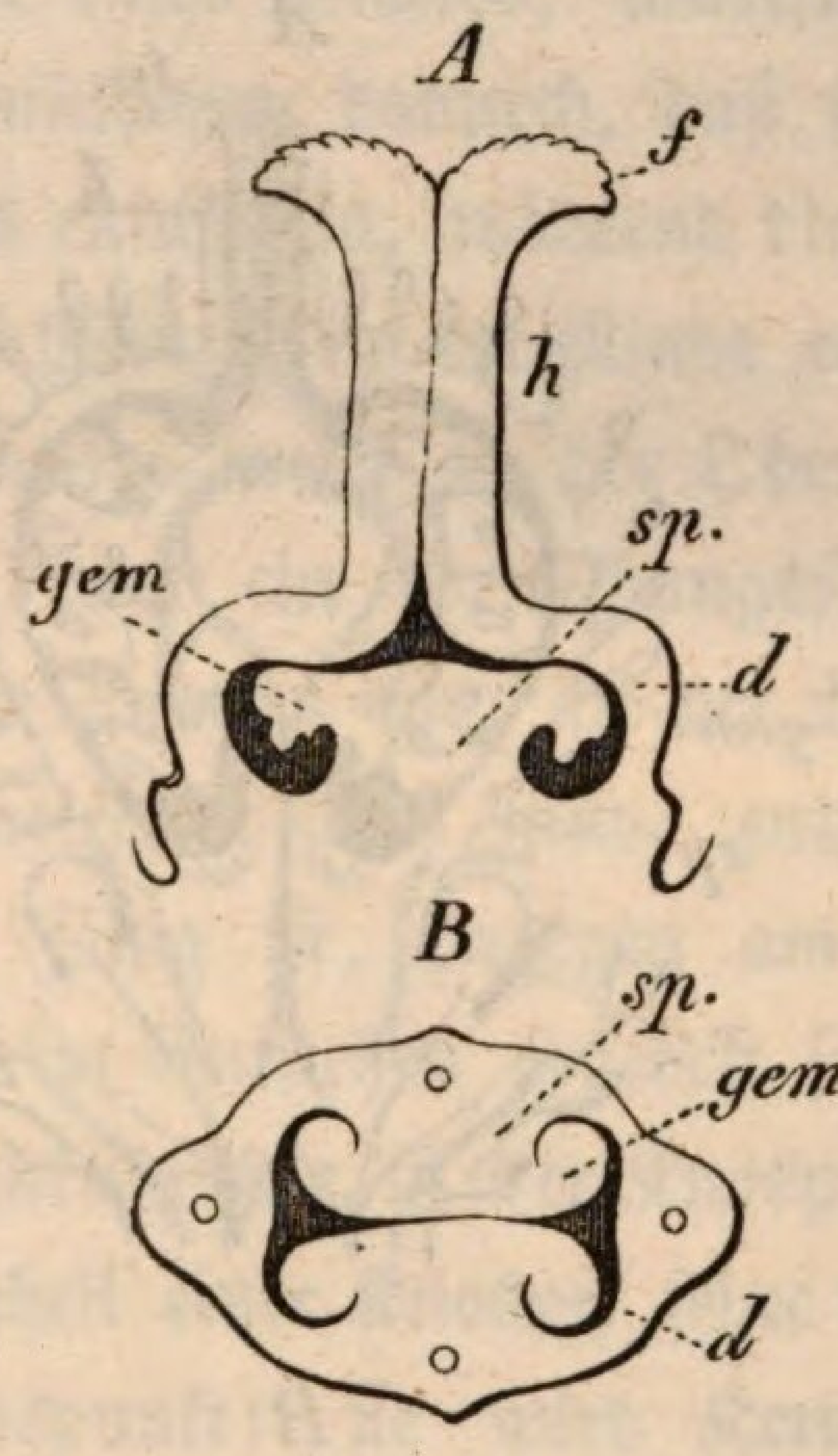


Fig. 58.



Ericeen, der Labiaten (Fig. 58.) der Borragineen, der Scrophularineen, der Sileneen ꝛc. Hier kann nur die genaueste Untersuchung, zuweilen, z. B. bei den Labiaten, den Borragineen und Sileneen, nur die Entwicklungsgeschichte entscheiden. — Einen einfächrigen

Fig. 57. Querdurchschnitt durch die Mitte des Fruchtknotens der Nachtkerze (Oenothera muricata). d Die Wand der Fruchtknotenhöhle. sp Die wandständigen Knospenträger. gem Die Samenknospen. (Vergrößerung 10 mal.)

Fig. 58. A Längsdurchschnitt durch eine sehr junge Blüthenanlage des Salvei (Salvia nivea). d Die Wand der Fruchtknotenhöhle. f Die Narbe. gem Die Samenknospe. h Der Staubweg. sp Der Knospenträger. B Querdurchschnitt des Fruchtknotens, die Bezeichnung wie oben. (Vergrößerung 40 mal.)

Fruchtknoten mit zwei wandständigen Samenträgern besitzt die Weide und die Pappel, ferner die Johannisbeere; drei wandständige Samenträger finden wir bei den Orchideen und den Veilchenarten. Eine ächte Mittel-Placenta sehen wir bei den Primulaceen und bei der Veronica (Fig. 59). Eine grundständige Samenknospe erhebt sich aus dem Grunde des Fruchtknotens selbst; bei den Polygoneen (Fig. 60), (beim Buchweizen) und bei den Amaranthaceen.

Fig. 59.

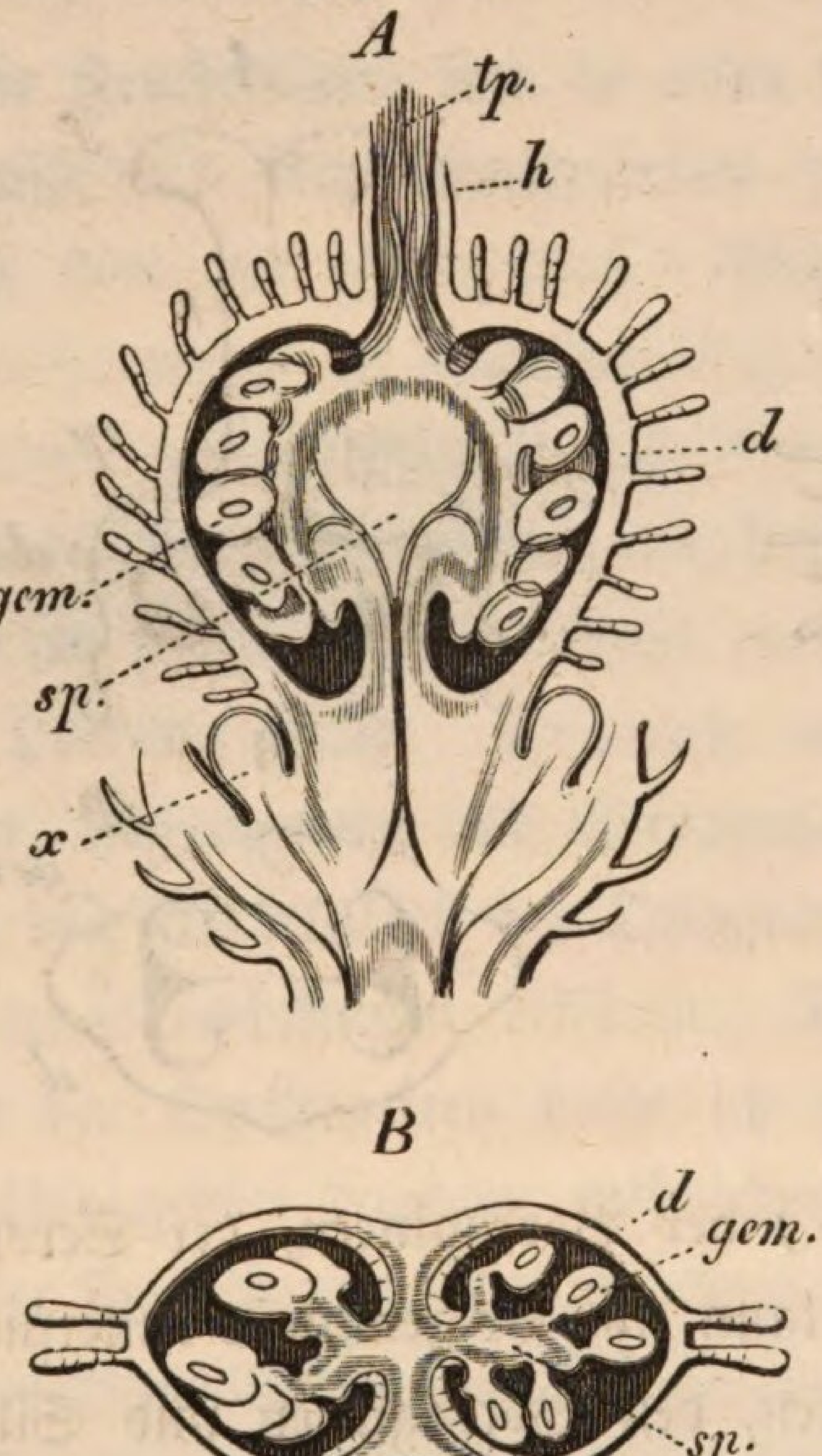


Fig. 60.

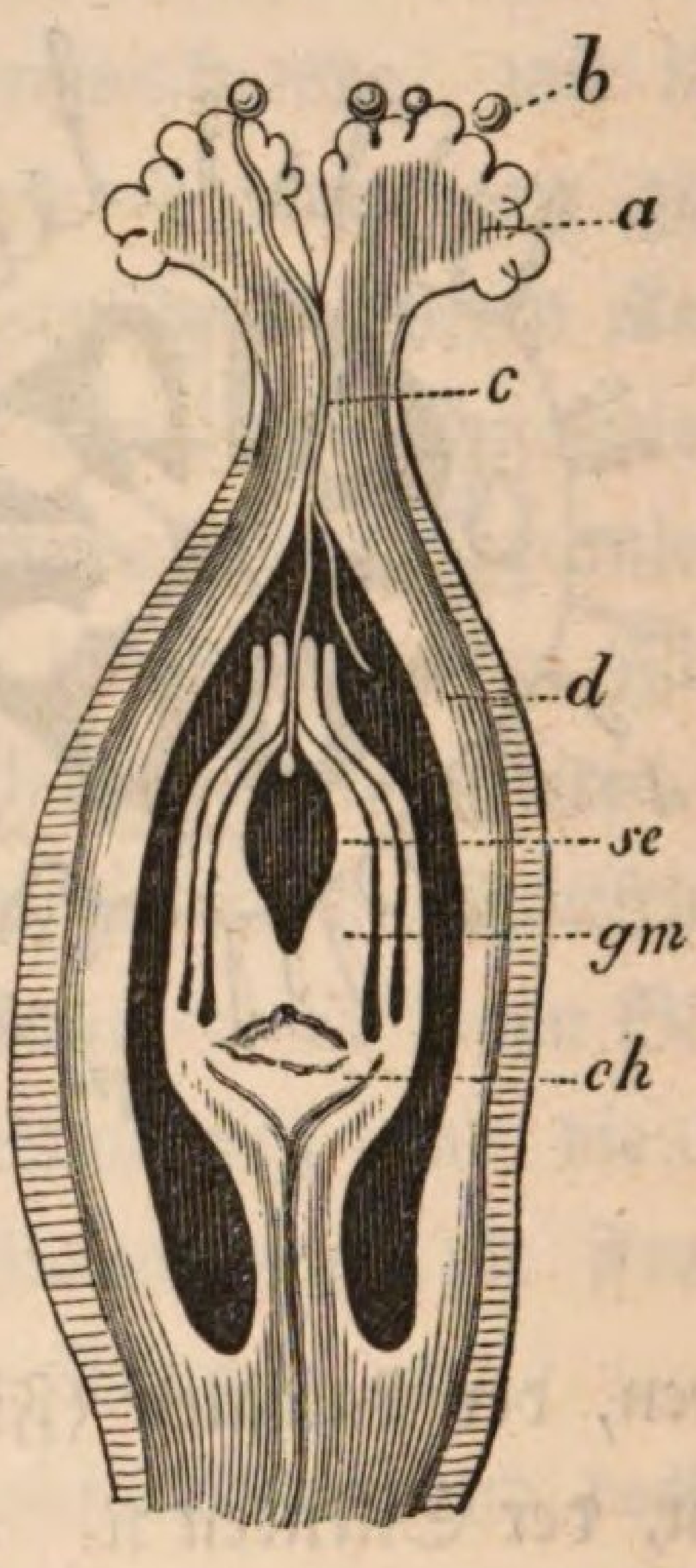


Fig. 59. A Längsschnitt durch den Fruchtknoten einer Veronica (Veronica serpyllifolia) zur Blüthezeit. d Die Wand der Fruchtknotenhöhle. gem Samenknospe. h Unterer Theil des Staubweges, von Pollenschläuchen (tp), welche in die beiden Fruchtknotenfächer hinabsteigen, erfüllt. sp Der mittelständige Knospenträger. x Eine Ausbreitung des Blüthenbodens. B Querschnitt durch die Mitte des Fruchtknotens. Die Bezeichnung wie oben. (Vergrößerung 30 mal.)

Fig. 60. Längsschnitt durch den Fruchtknoten von Polygonum Convolvulus (dem Buchweizen verwandt) zur Blüthezeit. a Die Narbe. b Pollenkörner auf derselben. c Der Staubweg. d Die Wand der Frucht-

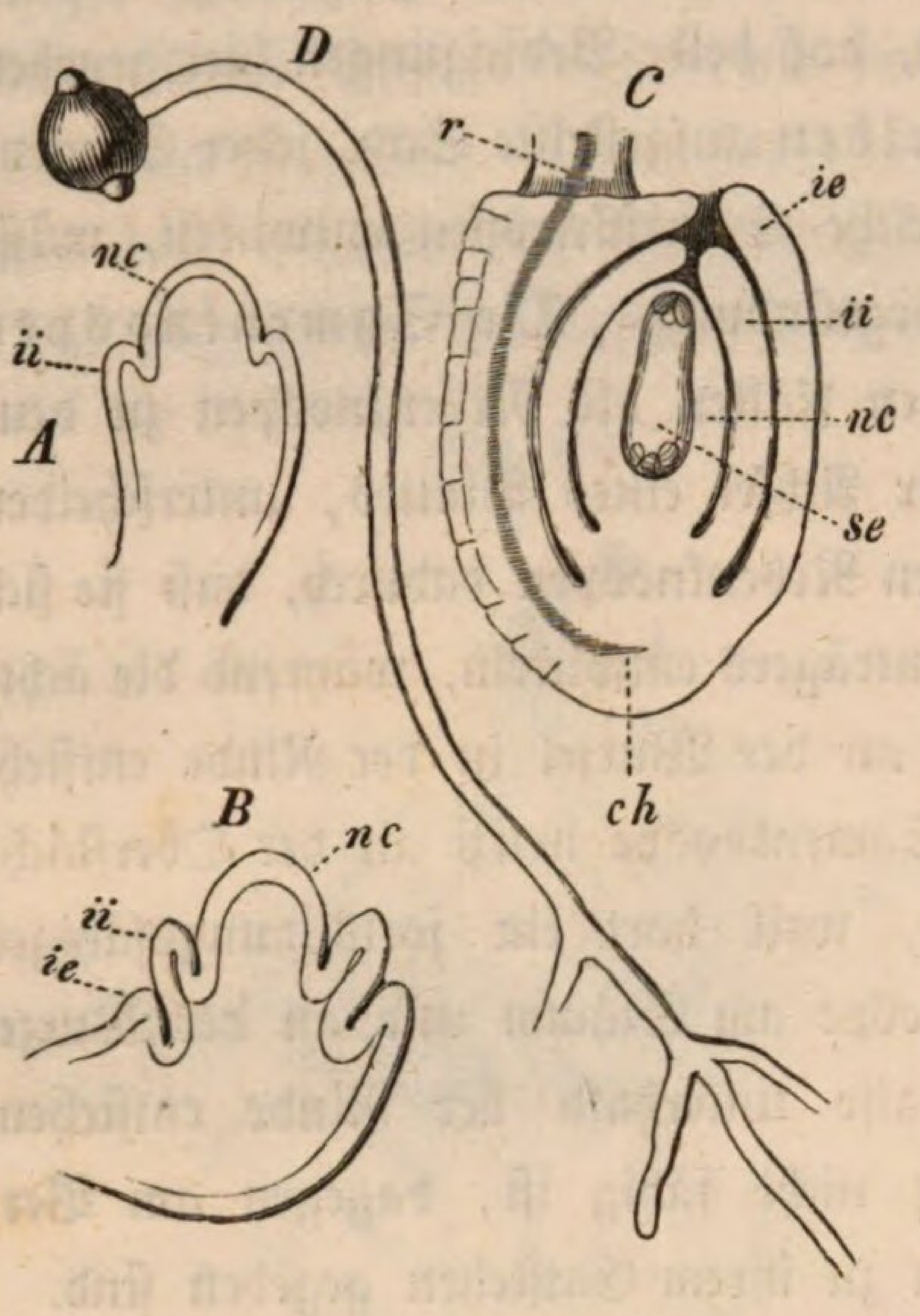
Da wir jetzt wissen, daß sich überall, wo ein fortbildungsfähiges Zellengewebe und Gefäßbündel zusammentreffen, Nebenknospen entwickeln können; da uns ferner jede sorgfältige Untersuchung des Fruchtknotens zeigt, daß beide Bedingungen hier gegeben sind, so verliert der von *Schleiden* aufgestellte Satz, jeder Samenträger, mithin jede Fläche, welche Samenknospen entwickelt, müsse ein Stammorgan sein, alle Begründung. Die *Samenknospen* (gemmulae) sind in den meisten Fällen als Nebenknospen zu deuten; sie entstehen nicht in der Achsel eines Blattes, unterscheiden sich aber von den gewöhnlichen Nebenknospen dadurch, daß sie sich aus der Oberfläche des Samenträgers entwickeln, während die ächte Nebenknospe am Stamm und an der Wurzel in der Rinde entsteht und selbige durchbricht. Die Samenknospe *muß* an der Oberfläche des Knospenträgers entstehen, weil dort ein fortbildungsfähiges Zellgewebe liegt; die Nebenknospe am Stamm und an der Wurzel *muß* am Verdickungsring, also unterhalb der Rinde entstehen, weil letztere zu ihrer Bildung nicht fähig ist, dagegen am Verdickungsring alle Bedingungen zu ihrem Entstehen gegeben sind.

Der wesentlichste Theil der Samenknospe ist der Knospenkern (Nucleus); er entspricht dem Stammtheil einer Knospe, seine Spitze entspricht wiederum dem Vegetationspunkt; sie wird Kernwarze genannt. Der Knospenkern erhebt sich zuerst, unter ihm entstehen, den Blättern ähnlich, die Knospenhüllen (Integumenta); selbige entsprechen dem Grundtheil eines stengelumfassenden Blattes (vergl. S. 147). Die Knospenhüllen fehlen bei manchen Pflanzen, z. B. bei den Halorageen und den Santalaceen; eine einfache Knospenhülle besitzen die Personaten und die Nadelbäume, eine doppelte Knospenhülle ist allen Monocotyledonen und vielen Dicotyledonen eigen. Die Zahl der Knospenhüllen läßt sich einzig und allein

knotenhöhle. gm Die aufrechte, geradläufige Samenknospe. se Der Keimsack oder Embryosack derselben. ch Die Chalaza oder der Knospengrund; zwei Pollenschläuche treten durch den Staubwegkanal zur Samenknospe hinab. (Vergrößerung 40 mal.)

durch die Entwicklungsgeschichte nachweisen, im Samen selbst kann man ihre Zahl nur selten unterscheiden. Jede Samenknospe ist an-

Fig. 61.



fänglich gerade; je nachdem sie sich nach allen Seiten gleichmäßig ausbildet oder nicht, wird sie geradläufig (orthotrop Fig. 60, S. 258) oder gegenläufig (anatrop Fig. 61). In dem ersten Falle liegt die Spitze des Knospenkerns dem Anheftungspunkt der Samenknospe gegenüber, der Knospenkern selbst ist nicht gekrümmt. In dem anderen Falle liegt die Spitze des Knospenkerns neben dem Anheftungspunkte. Krümmt sich der Knospenkern und mit ihm seine Hüllen, so erhalten wir die sichelförmig gebogene Samenknospe (Gemmula lycotropa) der Potamogeton- und Alisma-Arten. Außerdem giebt es der Zwischenformen noch sehr viele. Bemerkenswerth ist noch das Entstehen der inneren Knospenhülle vor der äußeren, während bei allen anderen Knospenarten das jüngste Blatt immer dem Vegetationspunkt am nächsten liegt.

Eine Zelle des Knospenkerns der Samenknospe entwickelt sich überwiegend, sie ernährt sich vom Inhalt der sie umgebenden Zellen, welche zusammensinken oder selbst vollständig aufgesogen wer-

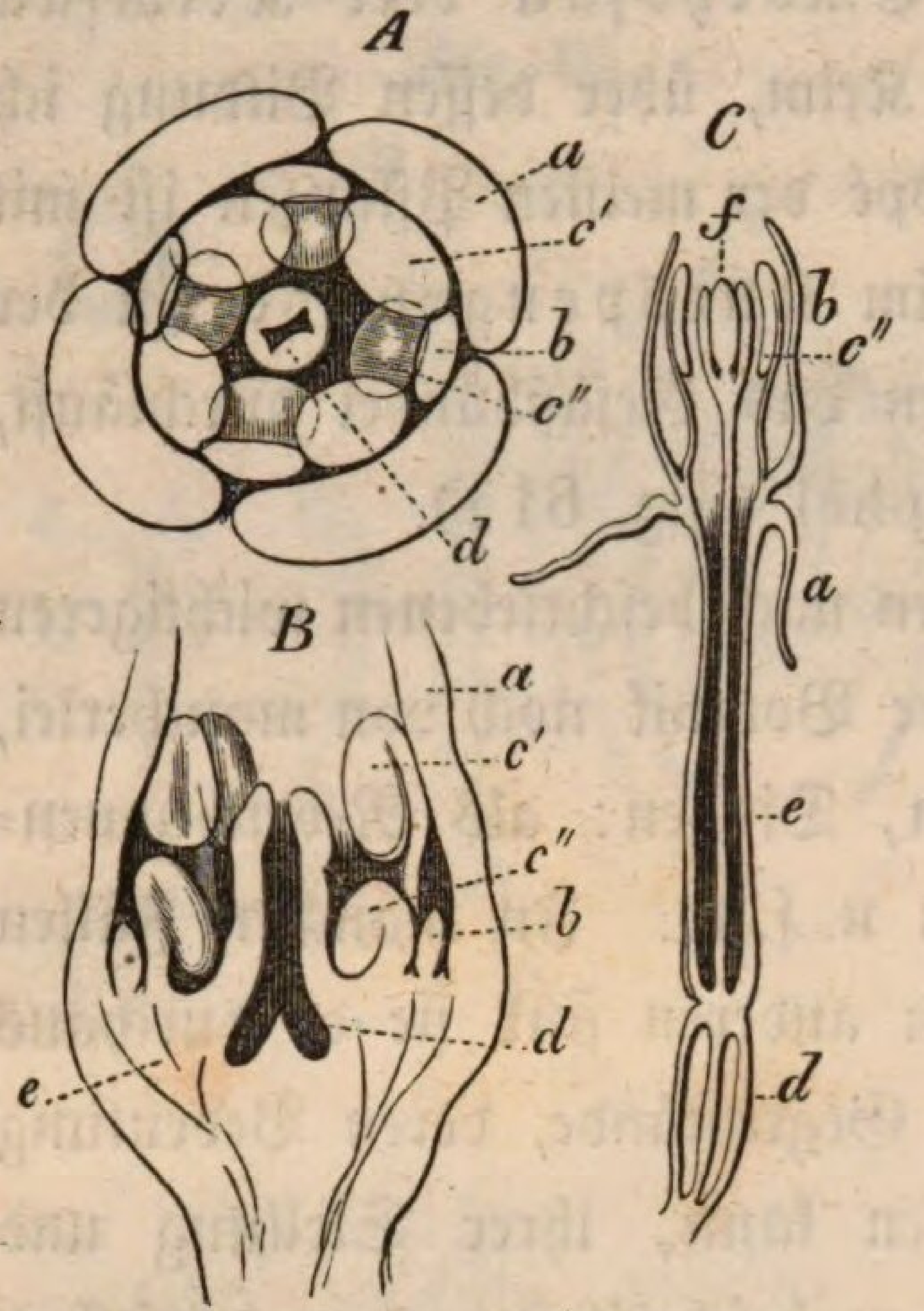
Fig. 61. Entwicklungszustand der Samenknospe des Stiefmütterchen (Viola tricolor). A Sehr junger Zustand. nc Der Knospenkern. ii Die innere Knospenhülle. B Etwas späterer Zustand. ie Aeußere Knospenhülle. C Die Samenknospe zur Blüthezeit im Längsschnitt, gegenläufig. ch Knospengrund. se Keimsack. r Die Nabelschnur (raphe). D Ein Pollenkorn, welches einen verzweigten Pollenschlauch getrieben. (150 mal vergrößert.)

den. Diese große, meistens in der Mitte des Knospenkerns oder an seiner Spitze gelegene Zelle, wird Embryosack oder Keimsack genannt; in ihr entwickelt sich der Keim, über dessen Bildung ich später reden werde. Die Samenknospe der meisten Pflanzen ist mit einem Gefäßbündel versehen, das im Knospengrunde (in der Chalaza) endigt; den Theil, welchen das Gefäßbündel durchläuft, bezeichnet man als Nabelschnur (Raphe) (Fig. 61 r).

Außer den nunmehr ihrem Wesen nach beschriebenen wichtigeren Blüthentheilen spricht die beschreibende Botanik noch von mancherlei, oft nur sehr oberflächlich bekannten, Dingen: als Nebenblumenblättern, Nebenstaubfäden, Nectarien u. s. w. In manchen Fällen mögen diese Namen passend sein, in anderen sind sie es durchaus nicht. Man thäte überhaupt besser, Gegenstände, deren Bedeutung man nicht mit Sicherheit nachweisen kann, ihrer Stellung und ihrer Gestalt nach möglichst genau zu beschreiben, ohne denselben einen bestimmten Namen zu geben; unsere Terminologie würde manchen überflüssigen, manchen falschen, Ausdruck weniger haben. Auch der Discus, eine scheibenartige Ausbildung des Blüthengrundes, gehört hierher.

In der Stellung der Blüthentheile zu einander erscheint eine gewisse Regelmäßigkeit, der wir schon in der Blattstellung am Stamm begegneten, noch entschiedener ausgeprägt. In der Regel entspricht die Zahl des einen Blattkreises der Zahl des anderen; in der Regel wechseln (alterniren) die Theile des einen Blattkreises mit den Theilen des folgenden. Die Blüthe der gelben Nachtkerze (Oenothera) (Fig. 62) mag hier als Beispiel dienen. Den vier Kelchblättern (a) folgen, mit ihnen abwechseld, vier Blumenblätter (b); mit letzteren wechseln wieder vier Staubblätter (c′), mit denen abermals ein Kreis von vier Staubblättern (c″) alternirt; die Anlage des Fruchtknotens (d) zeigt vier kleine Erhöhungen, welche ebenfalls mit dem letzten Staubfadenkreise abwechseln. In dieser Blüthe zählen wir demnach fünf viergliedrige, mit einander abwechselnde, Blattkreise. Letztere entstehen nach einander unter dem

Fig. 62.



Vegetationspunkte der zur Blüthe werdenden Stammknospe; erst wenn der Fruchtknoten angelegt ist, verschwindet der Vegetationspunkt, der nach und nach zum Fruchtknoten wird (Fig. 62 B d). Der Theil e verlängert sich allmälig und der Staubweg wächst mit ihm; Kelch, Blumenkrone und Staubfäden, welche bei der Nachtkerze fast unterhalb des Fruchtknotens entstanden, werden zur Zeit der Blüthenentfaltung von einer langen Röhre (Fig. 62 C e) getragen. Der anfangs oberständige Fruchtknoten ist späterhin tief unterständig. — Bei der Mandel- und der Kirschblüthe zählen wir fünf Kelchblätter, welche mit den fünf Blumenblättern abwechseln, darauf folgen mehrere Staubfadenkreise; zuletzt entsteht der Fruchtknoten aus einem einzigen Fruchtblatt. (Siehe Fig. 56 S. 253.) Der Grundtheil der Blüthe, welcher die verschiedenen Blattkreise trägt (der Blüthengrund, Receptaculum), erhebt sich alsdann, ähnlich der Nachtkerze, aber in geringerem Grade um den Fruchtknoten; sämmtliche Blattkreise stehen in der entfalteten Kirschblüthe gewissermaßen auf dem Rande eines Bechers. — Bei der Lindenblüthe wechseln fünf Kelchblätter mit fünf Blumenblättern, darauf erscheinen mehrere Staubfadenkreise und zuletzt ein fünffächriger Fruchtknoten; hier erhebt sich der Grundtheil der Blüthe (der Blüthen-

Fig. 62. A Querschnitt einer sehr jungen Blüthenanlage der Oenothera muricata. a Kelchblätter. b Blumenblätter. c' u. c'' Antheren des ersten u. des zweiten Staubfadenkreises. d Anlage des Fruchknotens. B Längsschnitt desselben Entwicklungszustandes. d Die Fruchtknotenhöhle. e Der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet. (Vergrößer. 40 mal.) C Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürliche Größe). f Die Narben. Die übrigen Buchstaben wie oben.

boden) nicht. Kelch- und Blumenblätter, desgleichen die Staubfäden entspringen hier am Grunde des Fruchtknotens.

Für die beschreibende Botanik wird die Lage des Fruchtknotens zu den übrigen Blüthentheilen sehr wichtig; man unterscheidet zwischen einem unter- und überständigen Fruchtknoten (germen inferum et superum) und demnach zwischen einer ober- und unterständigen Blüthe (flos superus et inferus). Wenn die Blattkreise, z. B. der Kirsche, auf dem Rande eines Bechers stehen, so redet man von einer umständigen Blüthenstellung.

Aber nicht bei allen Pflanzen wechseln die Blätter in den Blattkreisen der Blüthe mit einander, in manchen Fällen stehen dieselben einander gegenüber, z. B. bei der Pollenblüthe der Erle (Taf. 4, Fig. 23), auf vier Perigonblätter folgen ebensoviel Staubfäden. Bei Manglesia cuneata, einer Proteacee, tritt derselbe Fall hervor; auch hier stehen vier Antheren den vier Perigonblättern gegenüber, darauf folgt ein einziges Fruchtblatt, welches den Fruchtknoten bildet. In beiden von mir genau untersuchten Fällen lassen sich keine Rudimente eines verkümmerten, zwischen der Blüthenhülle und den Staubfäden gelegenen, Blattkreises nachweisen. Wir sehen hieraus, daß die, allerdings ungleich häufiger vorkommende, abwechselnde Stellung der Theile auf einander folgender Blattkreise keine allgemeine Geltung hat.

In der Regel harmonirt, wie schon erwähnt, die Zahl der Blattelemente der Kelchblatt-, Blumenblatt- und Staubfadenkreise, mit einander, während die Zahl der Fruchtblätter den vorhergehenden Blattkreisen häufig nicht entspricht; so bei der Kirsche und bei Asclepias*). Bei anderen Pflanzen ist die Zahl der Blattelemente in den verschiedenen Kreisen verschieden; z. B. hat Cleome**) vier Kelchblätter und vier Blumenblätter, welche mit einander abwechseln, dann folgt ein Kreis von sechs Antheren. Bei Impatiens und

*) Schacht, das Mikroskop Taf. II. u. III.

**) Schacht, das Mikroskop Taf. IV, Fig. 15—18.

bei Balsamina folgt auf einen ebenfalls viergliederigen Kelch- und Blumenblattkreis ein fünfgliedriger Antherenkreis. Häufiger als die Vermehrung der Glieder eines Blattkreises ist die Verminderung derselben im folgenden Kreise; hier sieht man bisweilen die verkümmerten Rudimente; so bei Salvia, wo fünf Kelch- und fünf Blumenblätter mit einander abwechseln, und von den fünf, der Anlage nach vorhandenen, Antheren nur zwei entwickelt werden; während bei Stachys, derselben Familie angehörig, von fünf Antheren nur eine verkümmert. Bei den Orchideen, mit drei Kelchblättern und drei Blumenblättern, welche mit einander abwechseln, finden wir nur eine oder zwei (Cypripedium) Antheren, und doch muß die Anlage zu drei Staubfäden gegeben sein, weil, nach einer mündlichen Mittheilung des Professor Mettenius, Limodorum abortivum nicht selten drei Antheren ausbildet.

Wo ein Theil verkümmert ist, bleibt, wenn nicht ein Rudiment desselben wirklich vorhanden war, seine Stelle offen; so in den genannten Fällen, bei Salvia, Stachys und den Orchideen. Die Mißbildungen der Blüthe werden hier oftmals sehr lehrreich, ohne Entwicklungsgeschichte angewendet, können dieselben jedoch zu argen Mißgriffen führen, mit derselben im Verein müssen sie dagegen jederzeit die richtige Deutung gewähren.

Die Regelmäßigkeit der Blüthen wird überdies noch durch eine ungleiche Ausbildung der Theile eines Blattkreises, desgleichen durch nicht erfolgte Trennung, mehrerer Blätter eines Kreises gestört. Bei Impatiens und bei Balsamina bleiben zwei Blätter des Kelchkreises klein und grün gefärbt, die beiden anderen Blätter desselben Kreises, einander gegenüberstehend, werden, gleich den Blumenblättern, farbig; das eine derselben, kapuzenartig entwickelt, erhält einen Sporen; von den vier Blumenblättern bleiben je zwei mit einander vereinigt. Aus der entwickelten Blume selbst kann man jetzt die Bedeutung ihrer einzelnen Theile nicht mehr erfahren. Bei den Orchideen wird ein Blatt der Blumenkrone als Lippe (Labellum), häufig mit einem Sporen versehen, entwickelt. Die Orchdieen

zeigen in ihrer Blüthe eine Mannigfaltigkeit der Formen, wie selbige keine andere Pflanzenfamilie aufzuweisen vermag. Die Blüthe der einen gleicht einer Fliege (Ophrys muscifera), die der anderen ähnelt einer Spinne (Ophrys arachnites), die Blume der dritten hat eine lange bandförmige Lippe (Himantoglossum). In der Anlage sind alle diese Blüthen mehr oder weniger gleich gebaut, die Verschiedenheit der Formen entwickelt sich erst bei der Ausbildung ihrer Theile. — Staubfäden mit gruppenweise vereinigten Filamenten finden wir in den Familien der Fumariaceen, Polygaleen und Hypericineen. Linné erhob diese Eigenthümlichkeit gewisser Blüthen zum Kennzeichen besonderer Pflanzenabtheilungen*).

Außer den bisher besprochenen, nicht schwankenden Zahlenverhältnissen zeigen sich in bestimmten Blüthentheilen noch schwankende Zahlenverhältnisse. Wo viele Staubfadenkreise vorhanden sind, kommen die einzelnen Glieder der letzten Kreise nicht immer zur Ausbildung. Die Blüthenhülle der männlichen Eichenblüthe zählt sechs bis acht Blättchen, die Blüthe enthält sechs bis zwölf Staubfäden. Die weibliche Blüthe desselben Baumes hat in der Regel drei Narben, der einfächrige Fruchtknoten zeigt alsdann gleichfalls drei wandständige (Taf. 4, Fig. 12) Samenträger; Blüthen desselben Stammes besitzen dagegen nicht selten nur zwei Narben und ihnen entsprechend nur zwei Samenträger. Die Stellung der Theile gegen einander läßt in diesem Falle ein Verkümmern der dritten Narbe und des dritten Samenträgers nicht vermuthen. Im Fruchtknoten der Monotropa findet man in der Regel fünf wandständige Samenträger, nicht selten aber auch deren nur vier; der fünfte ist hier sicherlich nicht fehlgeschlagen. Die Kürbis- und die Gurkenarten zeigen in der Zahl ihrer wandständigen Samenträger ein ähnliches Schwanken.

Von einem Verkümmern ganzer Blattkreise oder einzelner Theile

*) Linné's sechszehnte bis achtzehnte Klasse: Monadelphia, wohin die Malven, Diadelphia, wohin die Erdraucharten (Fumaria) und Polyadelphia, wohin die Hypericineen gehören.

vorhandener Kreise kann für mich nur da die Rede sein, wo entweder ein Rudiment, d. h. eine Anlage des Fehlenden, vorhanden oder mindestens ein leerer Raum für die verkümmerten Theile mit Sicherheit nachzuweisen ist. Wo beide Fälle nicht eintreten, muß ich die Annahme einer Verkümmerung oder eines Fehlschlagens durchaus verwerfen. Mit dem letzteren Worte ist ohnehin so viel Mißbrauch getrieben, daß man es gänzlich aus der Wissenschaft verbannen sollte. — Für die Natur scheint die Zahl nicht immerhin von der Bedeutung als wir Menschen glauben. Die Natur hat ihre bestimmten Gesetze, aber diese liegen nicht in der Zahl begründet; letztere ist sowohl in der Blattstellung der Blüthe, als auch in der Blattstellung am Zweige, eine Folge bestimmter Bildungsgesetze unter dem Vegetationspunkt der Knospe; worin diese ihre Ursache finden, ist uns zur Zeit noch nicht bekannt.

Die Farbenpracht der Blumen beruht auf der Anwesenheit gefärbter Zellensäfte. Die Schattirungen und farbigen Zeichnungen der Blumenblätter werden durch die verschiedene Färbung des Zellsaftes neben einander liegender Zellen veranlaßt. Die verschiedene Färbung des Zellsaftes deutet wiederum auf chemische Verschiedenheiten des Zellinhalts, wahrscheinlich durch eine verschiedenartige Verwerthung der Stoffe selbst veranlaßt. Wie in der Rinde bestimmte Zellen Krystalle enthalten, andere dagegen Stärkmehl, noch andere Blattgrün bilden, so führen auch im Blumenblatt bestimmte Zellen oder Zellenreihen bestimmte chemische Stoffe.

Die Riechstoffe der Blätter, aus ätherischen Oelen oder Aetherarten bestehend, werden zunächst in den Blumenblättern entwickelt. Die Oberhaut der gefärbten Blumenblätter ist, soweit mir bekannt, niemals mit Spaltöffnungen versehen, die Unterseite der grünen Kelchblätter trägt dagegen in der Regel Spaltöffnungen; die Kelchblätter sind überhaupt in ihrem Bau dem Laubblatt ungleich ähnlicher als das Blumenblatt. Die Farben und die Gerüche entwickeln sich in der Regel erst bei der Entfaltung der Blüthe; die Blüthenknospen der später so stark riechenden Bocksorchis sind fast

geruchlos; für die duftende Blüthe der Platanthera gilt dasselbe. Die Farben entwickeln sich in vielen Fällen, z. B. bei der Bocks- und bei der Spinnenorchis (Himantoglossum et Ophrys arachnites), erst unter der direkten Einwirkung des Lichtes.

Nachdem wir jetzt die einzelnen Blüthentheile und ihre Stellung zu einander in der Blüthe betrachtet haben, wenden wir uns zu der Stellung der letzteren an der Pflanze selbst. Die Blüthe kann, wie wir gesehen, aus einer Endknospe oder aus einer Achselknospe hervorgehen; sie kann als Einzelblüthe auftreten, aber auch mit anderen Blüthen an einem gemeinsamen Blüthenzweige vereinigt, einen Blüthenstand (Inflorescentia) bilden. Dieselben Verschiedenheiten, welche bei der Zweigbildung zu beachten sind, treten auch bei der Bildung des Blüthenstandes hervor; es kommt hier wie dort zunächst auf die Weise, in welcher die Seitenzweige am Hauptzweige auftreten und auf die Art der Ausbildung der Stengelglieder des letzteren an. Verlängern sich die Stengelglieder zwischen den entstandenen Seitenknospen, so werden die blüthentragenden Seitenorgane der Höhe nach von einander gerückt, es entsteht eine Aehre (Spica) oder eine Traube (Racemus); verlängern sie sich nicht, so entsteht ein Köpfchen (Capitulum) oder eine Dolde (Umbella). Verzweigen sich die Seitenzweige wieder, so entsteht eine zusammengesetzte Aehre, Traube oder Dolde. Der sogenannte männliche Blüthenstand vieler Laubbäume (die Kätzchen), desgleichen der sogenannte weibliche Blüthenstand der Erle, Weide, vieler Nadelhölzer u. s. w. sind wahre Aehren; ein Hauptzweig (die Spindel, rachis) trägt ungestielte oder gestielte Blüthenknospen. Die männliche Blüthe der Nadelhölzer ist dagegen kein eigentlicher Blüthenstand, er entspricht einem Zweige, dessen Blätter zu Antheren geworden sind, er ist demnach eine Einzelblüthe mit vielen Antherenkreisen, welche hier freilich nicht als Kreise, sondern in spiraliger Anordnung auftreten. Der männliche sowohl als der weibliche Blüthenstand der Platane ist ein Köpfchen, von einem besonderen Blüthenzweig getragen; der Blüthenstand der Kirsche und der Linde ist eine

Dolde; der Blüthenstand der Roßkastanie entspricht einer zusammengesetzten Traube.

Die weibliche Blüthe des Eibenbaumes (Taxus) zeigt uns die einfachste überhaupt bekannte Blüthe, dieselbe besteht aus einem kleinen mit schuppenartigen Blättern bekleideten Seitenzweig, dessen Vegetationspunkt zur aufrechten geradläufigen, von einer einzigen Knospenhülle umgebenen, Samenknospe geworden ist. Erst nach der Bestäubung entwickelt sich die zweite Knospenhülle, welche hier Samenmantel (Arillus) genannt wird, letztere bildet die rothe saftige Hülle, welche den reifen Samen umgiebt. Bei Taxus fehlen alle Blüthenhüllen, weder Kelch- noch Blumenblätter sind vorhanden. Der weibliche Blüthenstand der Tanne, Fichte, Kiefer und Lerche ist dagegen eine Aehre; um einen Hauptstamm, der als Spindel (rachis) auftritt, bilden sich in der Achsel von Deckschuppen (k), welche Blättern entsprechen, Knospen (l) (Taf. 2, Fig. 12), die keine Blätter bilden, sich auch nicht als Zweig entwickeln, vielmehr an der Basis ihrer Innenseite zwei Samenknospen erzeugen. Der Knospenmund der letzteren liegt bei den genannten Bäumen nach abwärts gerichtet (Taf. 2, Fig. 13 und 14); die Samenknospe besitzt eine einfache Knospenhülle. Bei der Tanne und bei der Lerche entwickeln sich die Deckschuppen mit der in ihren Achseln entstandenen Fruchtschuppe, welche man häufig, jedoch mit Unrecht, als Fruchtblatt (Carpellum) bezeichnet hat, gleichmäßig weiter, die Deckschuppen ragen im Zapfen beider über die Fruchtschuppen hervor (Taf. 1, Fig. 15. Taf. 3, Fig. 4). Bei der Fichte und Kiefer bleiben diese Deckschuppen klein, sie sind am Zapfen kaum erkennbar (Taf. 2, Fig. 24). Der weibliche Blüthenstand des Wachholders (Juniperus) ist eine wenigblüthige Aehre, die drei vorhandene Fruchtschuppen bilden, späterhin fleischig werdend, die bekannte Beere; die Spitze der letzteren zeigt noch im reifen Zustande die Spuren der drei vereinigten Fruchtschuppen. Hier sowohl, als wie bei Thuja, ist der Knospenmund der an den Fruchtschuppen entstandenen Samenknospen nach aufwärts gerichtet. Der weibliche Blüthenstand der

Tanne entsteht vereinzelt auf der Oberseite eines jährigen Gipfelzweiges. Der Zapfen der Fichte bildet sich meistens aus der Endknospe eines Seitenzweiges. Der Zapfen der Lerche entsteht aus einer Knospe, die bereits einen Blätterkranz getrieben hat.

Der weibliche Blüthenstand der Tanne, Fichte und Lerche wird im Sommer (Ende Juli) angelegt, er überwintert unter dem Schutz der Deckschuppen seiner Knospe. Im kommenden Frühjahr durchbricht er die Knospenschuppen, er wird bestäubt und reift seinen Samen im Herbst des Jahres, sein Leben dauert demnach etwa dreizehn Monat. Die Kiefer entwickelt dagegen ihren weiblichen Blüthenstand im Frühjahr dicht unter der Endknospe ihres neuen Triebes, an derselben Stelle wo sonst, quirlförmiggestellt, Zweige entstehen; der jugendliche Blüthenstand der Kiefer wird bald bestäubt, er wendet sich abwärts, entwickelt sich jedoch in demselben Sommer nur wenig weiter, seine Fruchtschuppen verkleben mit einander, der Blüthenstaub bleibt, scheinbar unthätig, auf dem Knospenkern der Samenknospen liegen. Der Blüthenstand der Kiefer überwintert frei, im kommenden Frühjahr entwickelt er sich weiter; im Herbst sind seine Samen reif, im Frühling des zweiten Jahres öffnen sich durch die Sonnenwärme die Schuppen des Zapfens, der geflügelte Same wird vom Winde fortgeführt. Das Leben des weiblichen Blüthenstandes der Kiefer dauert, wenn wir vom Entstehen desselben bis zur Reife des Samens zählen, mindestens achtzehn bis zwanzig Monate. Für die übrigen wirklichen Pinusarten (Pinus Pumilio, P. Strobus, P. pinea u. s. w.) gilt dasselbe. Der Wachholder braucht noch längere Zeit zur Samenreife. (Taf. 2, Fig. 6 zeigt bei x den jungen Blüthenstand, bei x′ den Blüthenstand des zweiten Jahres, der im Herbste seinen Samen reifen müßte.

Die männliche Blüthe der Nadelhölzer gehört, wie schon bemerkt ward, zu den Blumen der einfachsten Art, sie entspricht einem Zweige, dessen Blätter fast sämmtlich als Staubfäden ausgebildet sind; nur die untersten Blätter dieses Zweiges sind schuppenartig entwickelt. Die Anlage der männlichen Blüthe entsteht bei allen

mir bekannten Nadelbäumen, die Kiefer nicht ausgenommen, im Spätsommer unter dem Schutz von Deckschuppen (Taf. 1, Fig. 17. Taf. 2, Fig. 11). Im Frühjahr bricht die Blüthe hervor, ihr zartes Stielchen verlängert sich, sie erhebt sich mehr oder weniger über die Hülle ihrer Deckschuppen. Bei der Tanne und Fichte hängt die männliche Blüthe an einen ziemlich langen zarten Stiel herab, bei der Kiefer und Lerche bleibt sie kurz gestielt (Taf. 2, Fig. 6 und 7. Taf. 3, Fig. 5). Die Antheren öffnen sich, der Blüthenstaub entfliegt, das zarte saftige Stielchen, der Stammtheil der Blüthe, vertrocknet, mit ihm welkt die letztere. Die Deckschuppen der männlichen Blüthen bleiben bei der Tanne und Fichte noch mehrere Jahre sichtbar, die vertrocknete Blüthe hängt oft noch lange herab.

Die männlichen Blüthen der Tanne erscheinen an der Unterseite jähriger Gipfelzweige in den Achseln der Nadeln; bei der Fichte entstehen sie am jährigen Zweige; bei der Lerche bilden sich dieselben, gleich dem Zapfen, aus der Knospe eines verkürzten Zweiges, der vormals einen Quirl getragen; schon im Herbst erkennt man hier die Blüthenknospen als braune schwach gewölbte Wärzchen, von einem Nadelkranz umgeben. Die männlichen Blüthen der Kiefer entwickeln sich dagegen aus den Achselknospen des jungen Triebes, die, wenn der Zweig nicht blüht, Doppelnadeln entwickeln würden (Taf. 2, Fig. 6 A). Zahlreiche männliche Blüthen umgeben, den Doppelnadeln gleich, den jungen Trieb der Kiefer, dessen oberer Theil Doppelnadeln trägt. Man ersieht aus diesem Falle, daß dieselbe Knospenart am unteren Theil des Zweiges Blüthen, am oberen Theil dagegen Doppelnadeln bildet, daß somit die Blüthenknospe, der Anlage nach, von der Nadelknospe nicht verschieden ist. Nach der Kräftigkeit des Baumes vermehrt sich bei der Kiefer mit der Länge des Triebes auch die Zahl der Blüthen. Wenn letztere verblüht und abgefallen sind, erkennt man den männlichen Zweig an der von Nadeln entblößten unteren Hälfte seiner jungen Triebe.

In der Familie der Cupuliferen und Juglandeen sehen wir

den Uebergang der Aehre zum Köpfchen und wiederum des Köpfchens zur Einzelblüthe. Der weibliche Blüthenstand der Haselnuß (eine Cupulifere) entspricht einem Zweige mit verkürzten Stengelgliedern. Die Blätter der unteren Stengelglieder sind als Deckschuppen ausgebildet; der junge Trieb, unter ihrem Schutz entstanden, trägt in der Achsel seiner oberen Blätter eine Blüthe, welche aus einer kaum sichtbaren Blüthenhülle und einem Fruchtknoten mit zwei langen, rothgefärbten, Narben besteht. Die Narben mehrerer Einzelblüthen treten zur Blüthezeit (im ersten Frühjahr), einem rothen Haarbüschel ähnlich, aus der Knospe des weiblichen Blüthenstandes hervor. Im Fruchtknoten findet man um diese Zeit noch keine Samenknospen angelegt. — Der weibliche Blüthenstand der Wallnuß (eine Juglandee) ist der Haselnuß sehr ähnlich. Der junge Trieb erhebt sich zur Blüthezeit durch Verlängerung seines ersten Stengelgliedes über die Deckschuppen seiner Knospe, seine ungleich größeren Blüthen treten deshalb frei hervor, während sie bei der Haselnuß unter dem Schutz der Deckschuppen verbleiben; sie sind mit einer doppelten, nur wenig entwickelten Blüthenhülle versehen, die einzige Samenknospe jeder Einzelnblüthe ist aufrecht. Die männlichen Blüthenstände der Haselnuß und der Wallnuß sind wahre Aehren (sogenannte Kätzchen). Der männliche Blüthenstand der Buche steht zwischen einem gestielten Köpfchen und einer Aehre; jede Einzelnblüthe besitzt eine fünftheilige Blüthenhülle und fünf bis funfzehn Staubfäden. Der männliche Blüthenstand der Eiche ist dagegen eine Aehre (ein Kätzchen); die Blüthen sind durch Verlängerung der Stengelglieder zwischen denselben von einander gerückt (Taf. 4, Fig. 14). Jede Einzelnblüthe besteht aus einer fünftheiligen Blüthenhülle und fünf bis zehn Staubfäden. Der weibliche Blüthenstand der Buche und der Kastanie ist ein Köpfchen; zahlreiche Blätter, am Grunde vereinigt, bilden einen Hüllkelch, ein Involucrum, das bei der Buche in der Regel zwei, bei der Kastanie drei bis sieben Fruchtknoten umschließt; jeder Fruchtknoten entspricht einer Einzelnblüthe. Die Buche besitzt einen einfächrigen Frucht-

knoten, mit drei wandständigen Samenträgern und drei Narben; die Kastanie ist mit drei bis acht wandständigen Samenträgern und ebensoviel Narben versehen. Bei der Eiche endlich haben wir dasselbe Involucrum, welches später zum Becherchen (zur Cupula) wird, aber nur einen einzigen Fruchtknoten besitzt, welcher einfächrig und in der Regel mit drei wandständigen Samenträgern versehen ist, deren jeder zwei Samenknospen trägt (Taf. 4, Fig. 10—12). Die Samenträger der Buche entwickeln gleichfalls jeder zwei Samenknospen, welche mit einer doppelten Knospenhülle versehen sind; in der Regel reift nur eine Samenknospe der Frucht zum Samen.

Sowohl der männliche als der weibliche Blüthenstand der Birke, der Erle, der Weide und der Pappel sind Aehren oder Kätzchen. Bei der Birke kehrt das Laubblatt mit seinen beiden Nebenblättern in der Bractee (S. 161) der beiden Blüthenstände wieder; in der Achsel des Laubblattes sowohl als der Nebenblätter entsteht eine Blüthenknospe, welche beim männlichen Blüthenstand eine zweiblättrige Blüthenhülle und zwei vierfächrige Antheren von eigenthümlichem Bau (die beiden Antherenfächer jeder Seite sind von einander getrennt, sie werden nur durch den an seinem Ende getheilten Staubfadenträger vereinigt, deshalb sind scheinbar vier zweifächrige Antheren vorhanden) entwickelt. Der weibliche Blüthenstand zeigt einen Fruchtknoten mit zwei Narben (Taf. 3, Fig. 2). Eine Blüthenhülle ist nicht vorhanden.

Der männliche, sowie der weibliche Blüthenstand der Erle besitzt außer den beiden Nebenblättern, welche das Laubblatt gewissermaßen umschließt, noch zwei andere Blättchen (Taf. 4, Fig. 18 d). Die männliche Blüthe, deren drei an der Zahl, dem Laubblatt und seinen beiden Nebenblättern entsprechend, vorhanden sind, besteht aus einer viertheiligen Blüthenhülle und aus vier Staubfäden (Taf. 4, Fig. 22 u. 23). Die weibliche Blüthe, von der nur zwei, wahrscheinlich den beiden Nebenblättern angehörig, vorhanden sind, besteht aus einem Fruchtknoten mit zwei Narben (Taf. 4, Fig. 19). Der Fruchtknoten ist hier, wie bei der Birke, scheinbar zweifächrig,

in Wahrheit aber mit zwei bis tief ins Innere vorragenden wandständigen Knospenträgern versehen. Die Blüthenhülle fehlt auch hier. — Für die Pappel und für die Weide fehlen mir die eigenen Untersuchungen. Der Fruchtknoten beider ist einfächrig, mit zwei wandständigen mehrsamigen Knospenträgern*).

Die männlichen Blüthenstände der Erle, der Birke und des Haselstrauchs, im Herbste bereits angelegt, überwintern frei; die männlichen Blüthenstände der Buche, der Eiche, der Weide und der Pappel durchbrechen dagegen erst im Frühjahr die Deckschuppen der Knospen.

Die männlichen Blüthenstände aller dieser Bäume sind in ihrer Entwickelung den weiblichen Blüthenständen überall vorausgeeilt; wenn die männlichen Blüthen ihre Pollen entlassen, sind im Fruchtknoten der weiblichen Blüthen kaum die Samenknospen angelegt (bei der Haselnuß, der Erle und der Birke). Die weiblichen Kätzchen der Erle und der Birke entfalten sich erst im Frühling, wenn die männlichen Kätzchen bereits ausgebildet sind; ihre Anlage entsteht jedoch, wie ich vermuthe, schon im Herbst des vorhergehenden Jahres. Die eigentliche Thätigkeit der Samenknospen beginnt überall erst, wenn die Staubfäden ihren Dienst verrichtet haben. Die männliche Blüthe, oder die Staubfäden der Zwitterblüthe, vertrocknen, wenn ihr Blüthenstaub entlassen ist; in der weiblichen Blüthe, oder im Fruchtknoten der Zwitterblüthe, beginnt dagegen nach der Bestäubung ein um so regeres Leben. Die Samenknospen der Orchideen haben zur Blüthezeit kaum ihre erste Knospenhülle entwickelt; bei den meisten Pflanzen mit Zwitterblüthen ist zur Blüthezeit die Samenknospe nur so weit entfaltet, daß sie den Pollenschlauch aufzunehmen vermag.

Die Nadelhölzer besitzen sämmtlich eingeschlechtige Blüthen, entweder auf demselben Baum vereinigt (bei der Tanne, der Fichte,

*) Th. Hartig giebt namentlich für die Weidenarten zahlreiche Blüthen-Analysen (Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen.)

der Kiefer und der Lerche) oder auf getrennten Bäumen (beim Eibenbaum und beim Wachholderstrauch). Die Eiche, die Buche, die Kastanie, die Wallnuß und die Haselnuß, desgleichen die Birke und die Erle tragen eingeschlechtige Blüthen auf demselben Baume; die Weide und die Pappel entwickeln dieselben auf getrennten Stämmen. Die Roßkastanie, der Ahorn, die Linde, die Ulme u. s. w. besitzen Zwitterblüthen, die Ulme ausgenommen, mit einem Kelch und einer Blumenkrone versehen, welche den vorhin genannten Bäumen entweder gänzlich fehlen oder durch eine einfache Blüthenhülle vertreten sind. Der Blüthenstand der Roßkastanie und des Ahorns entspricht einer zusammengesetzten Traube. Der Blüthenstand der Linde ist eine gestielte armblüthige Dolde; die Bractee, aus deren Achsel der Blüthenstand hervorwächst, ist bis zur Mitte mit dem gemeinsamen Blüthenstiel vereinigt. Der Blüthenstand der Ulme ist ein ungestieltes Köpfchen; eine fünfblättrige Blüthenhülle umfaßt fünf gegenständige Staubfäden, desgleichen einen Fruchtknoten mit zwei Narben.

Bei allen Blüthen, welche mit einem Kelch und einer Blumenkrone versehen sind, hat man, im Interesse der beschreibenden Botanik, noch auf die Lage (Aestivatio) dieser Theile in der Blüthenknospe zu achten. Man unterscheidet namentlich eine klappenartige Knospenlage (Aestivatio valvata), wenn die Ränder der Theile einander berühren, z. B. beim Kelch der Malven; eine ziegeldachartige (Aestivatio imbricata), wenn sich die Ränder der Theile gegenseitig decken, z. B. beim Hüllkelch der Kornblume; desgleichen eine gedrehte Knospenlage (Aestivatio contorta), z. B. bei der Blumenkrone des Stechapfels.

So hätten wir jetzt die wesentlichen Theile der Blüthen überhaupt, so wie die Blüthen unserer wichtigeren Bäume selbst, vergleichend kennen gelernt und gehen jetzt zur eigentlichen Bestimmung der Blüthe, zur Samenbildung, über.

Der Same aller phanerogamen Gewächse entsteht erst nach der Bestäubung im Embryosack einer Samenknospe. Der Blüthen-

staub gelangt auf die Narbe des Fruchtknotens, oder, bei den Nadelhölzern, auf den Knospenmund der nackten Samenknospe. Der Wind und die Insekten sind zu seiner Beförderung oftmals nothwendig; die meisten Orchideen und Asclepiadeen können sich nicht selbst befruchten, ihre Staubblätter liegen so, daß ihr Blüthenstaub aus sich selbst nicht zur Narbe gelangen kann. Der sogenannte Schwefelregen im Frühjahr besteht in der Regel aus dem Blüthenstaub der Kiefer oder Fichte, den der Wind viele Meilen, ja oftmals übers Meer hinweg, geführt. Auf die Narbe gelangt, treibt das Pollenkorn, durch die Narbenfeuchtigkeit, welche in der Regel Gummi, Zucker und andere lösliche Stoffe enthält, ernährt, einen Pollenschlauch, d. h. die innere eigentliche Zellenmembran des Pollenkorns verlängert sich und tritt schlauchartig aus ihrer Hülle hervor. Der Pollenschlauch wird durch die Feuchtigkeit des Oberhautgewebes der Narbe dem Staubwegkanal zugeführt; das gleichfalls eine ernährende Flüssigkeit aussondernde Gewebe des Staubwegkanals leitet ihn zur Fruchtknotenhöhle hinab; die innere Wand derselben, die ebenfalls eine ähnliche Flüssigkeit ausschwitzt, führt ihn endlich bis zur Samenknospe, ja bis in den Knospenmund der letzteren (Fig. 63). Bei den Nadelbäumen erreicht das Pollenkorn, wieschon erwähnt, unmittelbar den Knospenmund. Die Spitze des Pollenschlauchs, nunmehr zum Knospenkern (Nucleus) gelangt, durchdringt denselben, sie tritt in allen Fäl-

Fig. 63.

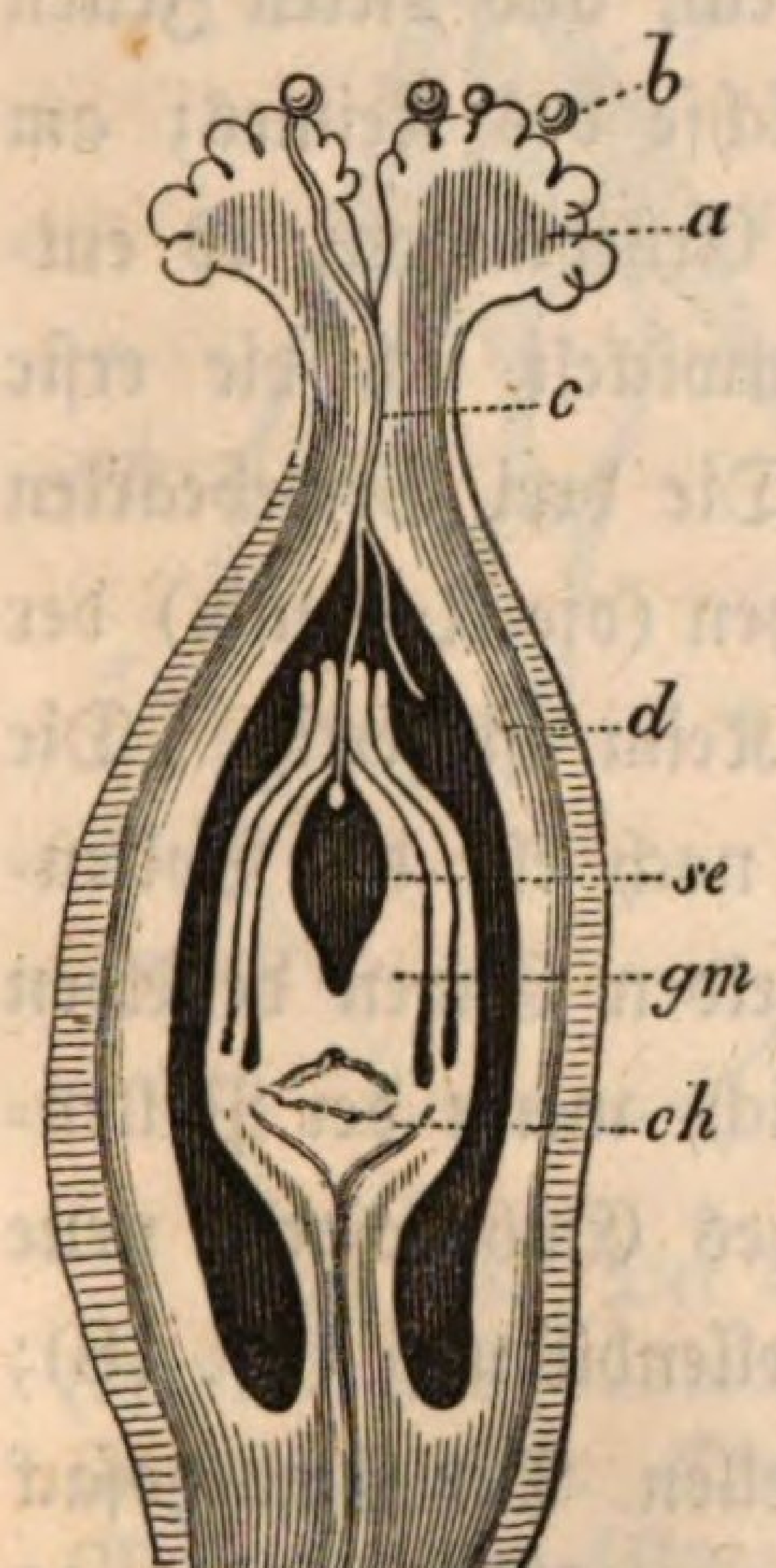


Fig. 63. Längsschnitt durch den Fruchtknoten von Polygonum Convolvulus (dem Buchweizen verwandt). Auf der Narbe (a) liegen Pollenkörner (b), welche durch den Staubwegkanal (c) Schläuche zur Samenknospe (gm) herabsenden, einer derselben ist durch den Knospenmund in den Embryosack (se) getreten und dort bereits kugelig angeschwollen. (Vergrößerung 40 mal.)

len in den Embryosack hinein. Der letztere enthält um diese Zeit in der Regel an seinen beiden Enden einige sehr jugendliche Zellen (Fig. 61 C se, S. 260). Das Ende des in den Embryosack gedrungenen Pollenschlauches schwillt entweder dicht unter seiner Eintrittsstelle kugelig an, oder er dringt, schlauchförmig verbleibend, bis zu einer gewissen Tiefe in den Embryosack hinab, um dann erst an seiner Spitze kugelig anzuschwellen. Den schlauchförmig bleibenden Theil des Pollenschlauches, welcher das Embryobläschen trägt, nennt man den Aufhängefaden (Suspensor). In der Anschwellung des nunmehr im Embryosack befindlichen Pollenschlauchendes, welches ich mit Schleiden Embryobläschen nenne, entsteht eine Zelle, welche durch Theilung Tochterzellen bildet. Die Zellenbildung schreitet in ähnlicher Weise fort und fort; aus dem anfangs sehr kleinen Embryobläschen entsteht ein, aus vielen Zellen zusammengesetztes, rundes Körperchen, die Achse des Keimes; am Ende des letzteren bilden sich eine oder zwei Erhebungen, es entstehen die Samenlappen, zwischen ihnen entwickelt sich die erste Stammknospe des Keimes (die Plumula). Die drei Gewebearten der Axe entwickeln sich (S. 21); das Würzelchen (die Radicula) der Dicotyledonen bildet ihre Wurzelhaube; der Keim ist fertig. Die wenigen Zellen, welche, wie vorhin erwähnt, noch ehe der Pollenschlauch in den Embryosack gedrungen, an beiden Enden desselben vorhanden waren, vergehen bald; es bilden sich, wenn der Pollenschlauch eingedrungen, im ganzen Umkreis des Embryosacks neue Zellen und zwar nach der Weise der freien Zellenbildung (S. 18); die jetzt entstandenen Zellen werden zu Mutterzellen. Der Embryosack füllt sich allmälig mit einem Zellgewebe, dem Sameneiweiß (Endosperm), welches den jungen Keim umgiebt und ihn ernährt. Das Sameneiweiß wird entweder von letzterem allmälig ganz verzehrt, dann ist der Samen eiweißlos, oder es bleibt ein Theil desselben zurück, um dem Embryon beim Keimen die erste Nahrung zu liefern. (Vergl. Abschnitt II.)

Für alle mit einem Fruchtknoten versehene Phanerogamen

gilt die hier beschriebene Art der Keimbildung; bei den Nadelhölzern und Cycadeen, welchen ein Fruchtknoten fehlt, erfolgt dieselbe in etwas anderer Weise. Der Blüthenstaub gelangt, wie uns bereits bekannt, direct auf die nackte Samenknospe, er dringt durch das aufgelockerte Gewebe der Keimspitze (Keimwarze) des Knospenkerns zum Embryosack hinab. Der letztere hat sich, noch ehe der Pollenschlauch zu ihm gelangt, mit einem dichten Zellengewebe erfüllt; einige Zellen dieses Gewebes, in seinem oberen Ende gelegen, haben sich überwiegend ausgedehnt, sie sind bei den Pinus-Arten von einer Schicht kleiner Zellen epitheliumartig umgeben (Fig. 64), bei Taxus fehlt diese Zellenumkleidung.

Fig. 64.

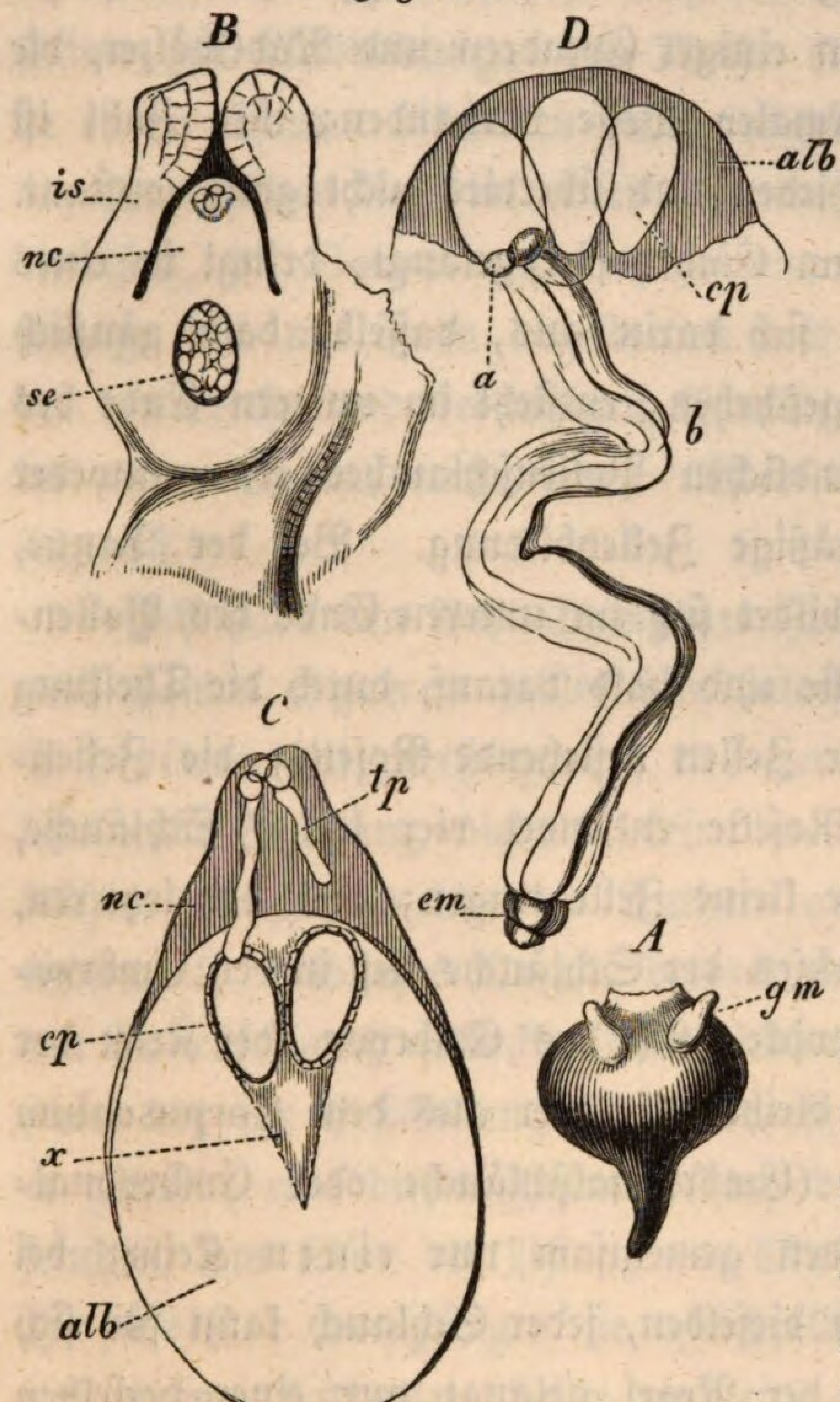


Fig. 64. Der Befruchtungsact der Kiefer. A Eine junge Fruchtschuppe dieses Baumes, bald nach ihrem Entstehen vom weiblichen Blüthenstand gelöst. Die beiden Samenknospen (gm) sind bereits angelegt. (Vergrößerung 10 mal.) B Längsschnitt durch eine Samenknospe, die bereits bestäubt ist; auf der Spitze ihres Knospenkerns (nc) liegen Pollenkörner. is Die einfache Knospenhülle. se Der Embryosack, in welchem bereits eine Zellenbildung stattgefunden. (Vergrößerung 35 mal). Bis zum kommenden Frühjahr bleibt die Samenknospe ziemlich unverändert; jetzt entstehen, mit dem Erwachen der Natur, im Zellengewebe des Keimsackes, die Corpuscula. C giebt einen Längsschnitt durch den Knospenkern der Samenknospe im zweiten Frühjahr; die Knospenhülle ist entfernt. nc Der Knospenkern, in dessen Gewebe Pollenschläuche (tp) zum Cor-

R. Brown, der diese großen Zellen im Sameneiweiß der Nadelbäume zuerst entdeckte, nannte dieselben Corpuscula. Selbige entstehen durchaus unabhängig von der Bestäubung; ich untersuchte nichtbestäubte Samenknospen einiger Cycadeen und Nadelhölzer, die Corpuscula waren in normaler Weise vorhanden; ihre Zahl ist nach der Pflanzenart verschieden und überdies nicht ganz constant. Der Pollenschlauch, bis zum Embryosack gelangt, dringt in eines der Corpuscula und dehnt sich darin aus, dasselbe bald gänzlich ausfüllend. Sobald dies geschehen, entsteht im unteren Ende des in dem Corpusculum befindlichen Pollenschlauches eine entweder regelmäßige oder unregelmäßige Zellenbildung. Bei der Tanne, der Fichte und der Kiefer bildet sich im unteren Ende des Pollenschlauchs zunächst eine Zelle und bald darauf, durch die Theilung der letzteren, eine aus vier Zellen bestehende Rosette; die Zellenbildung dauert fort, die Rosette entsendet vier lange Schläuche, welche an ihrem Ende eine kleine Zelle tragen; aus der letzteren, welche durch das Herabwachsen der Schläuche tief in den Embryosack hinabgeführt wird, entwickelt sich das Embryon (der Keim der Pflanze). Bei der Kiefer bleiben die vier aus dem Corpusculum hervorgetretenen Schläuche (Embryonalschläuche oder Embryonalstränge) vereinigt, sie bilden gemeinsam nur einen Keim; bei Pinus Pumilio trennen sich dieselben, jeder Schlauch kann für sich einen Keim entwickeln; in der Regel gelangt nur einer derselben zur Ausbildung, die drei anderen verkümmern. Beim Eibenbaum (Taxus) ist die Zellenbildung im Corpusculum weniger regelmäßig,

pusculum (cp) hinabsteigen und in dasselbe hineindringen. alb Das Eiweiß oder das Zellgewebe im Embryosack. x Die Partie desselben, welche sich auflockert und in welche alsbald die Embryonalschläuche hinabsteigen. D Der obere Theil des Eiweißes (alb) der befruchteten Samenknospe im Längsschnitt (einige Wochen später). cp Corpusculum. a Die Zellen der Rosette im Innern eines Pollenschlauchs, der, in ein Corpusculum gedrungen, entstanden. b Die Zellen der Embryonalschläuche. em Die Anlage zum Embryon, aus welchem sich der Keim der Kiefer bildet. (C und D 100 fach vergrößert.)

es steigen vier, aber auch fünf und sechs Embryonalschläuche, mit einander vereinigt, herab. Bisweilen werden mehrere Corpuscula der Coniferen befruchtet, dessenungeachtet gelangen nur selten mehrere Keime zur Ausbildung; bei Thuja (dem Lebensbaum) fand ich in einem Samen bisweilen zwei ausgebildete Embrya. Der Keim der Nadelhölzer liegt im reifen Samen in der Mitte eines Sameneiweißes, die Corpuscula sind zusammengesunken, die Embryonalstränge sind mit ihnen abgestorben und unkenntlich geworden; nur bei der Lerche und bei einigen Cycadeen lassen sich dieselben noch im reifen Samen nachweisen. (Man vergleiche die Erklärung der Fig. 64.)

Ich habe den Befruchtungsact hier so geschildert, wie ich ihn nach meinen eigenen zahlreichen Untersuchungen schildern muß*). Schleiden hat zuerst gezeigt, daß der Blüthenstaub nicht als befruchtende Substanz, vielmehr keimbildend auftritt, er hat damit die frühere Ansicht, welche die Anthere als männliches, den Fruchtknoten als weibliches Organ betrachtete, vernichtet. Amici, der den Pollenschlauch entdeckte, wies auch zuerst die vorhin erwähnten, schon vor der Bestäubung im Embryosack vorhandenen Zellen nach; er glaubte, eine dieser Zellen würde, durch den Pollenschlauch befruchtet, zum Keim der Pflanze; v. Mohl unterstützte diese Ansicht, Hofmeister vertheidigte sie gleichfalls, nach zahlreichen Untersuchungen. Tulasne stellte noch eine andere Ansicht auf; er fand genannte Zellen nicht, ihm entging dagegen der von mir mehrfach nachgewiesene directe Uebergang des Pollenschlauches ins Embryobläschen; Tulasne hielt das letztere deshalb für ein Produkt der Verbindung des Pollenschlauchs mit dem Embryosack. Die Gründe, welche mich bestimmen, an der von Schleiden aufgestellten Theorie entschieden festzuhalten, habe ich in meiner Pflanzenzelle S. 418 ausführlich entwickelt.

*) H. Schacht, Entwicklungsgeschichte des Pflanzen-Embryon, eine von der ersten Klasse des königlichen Instituts der Niederlande gekrönte Preisschrift. Amsterdam, bei Sulpke. 1850.

Bei einigen Pflanzen verzweigt sich bisweilen der Pollenschlauch; es kann demnach ein Pollenkorn mehrere Samenknospen befruchten (Fig. 61, S. 260). Häufig treten mehrere Pollenschläuche in den Knospenmund einer Samenknospe, selten findet man dessen ungeachtet zwei ausgebildete Keime in einem Samen; bei den Citrus-Arten liegen regelmäßig mehrere entwickelte Keime im Sameneiweiß eines Samens.

Wenn man unter Befruchtung das nothwendige Zusammenwirken zweier verschiedener Organe zur Bildung eines Keimes versteht, so darf man auch bei den höheren Kryptogamen von einer Befruchtung reden, dieselbe läßt sich jedoch in keinerlei Weise mit der Befruchtung der Phanerogamen vergleichen; hier ist kein Pollenschlauch, hier ist keine Samenknospe vorhanden; die Schwärmfadenorgane (Antheridien) und das Keimorgan oder das Pistill sind zwei ganz andere Dinge; ich habe über dieselben, so wie über die Weise, in welcher sich der Keim entwickelt, bereits (S. 41) geredet. Bei den niederen Kryptogamen, den Algen, Pilzen und Flechten können wir bis jetzt keine Befruchtung annehmen, da zur Zeit ein nothwendiges Zusammenwirken zweier Organe zur Bildung der Fortpflanzungszellen nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist.

Aus dem Fruchtknoten der Blüthe wird nach der Bestäubung die Frucht, in der letzteren reifen die Samen. Nur in seltenen Fällen bildet sich der Fruchtknoten einer Pflanze ohne Bestäubung weiter, niemals enthält er in einem solchen Falle keimfähigen Samen. Es sind Traubenarten (Korinthen) ohne Samen bekannt; einige Orchideen unserer Treibhäuser (Zygopetalum) entwickeln (unbestäubt?) bisweilen ihren Fruchtknoten, derselbe reift; sämmtlichen Samen fehlen die Keime. Das Räthsel des Coelebogyne, welche ohne Bestäubung Samen getragen, erklärt sich auf diese Weise; den Samen selbst hat man nicht näher untersucht, man würde ihn sicher ohne Keim gefunden haben.

Bei der Umbildung zur Frucht erleidet der Fruchtknoten selbst mannigfache Veränderungen. Die unwesentlicheren Theile der Blüthe,

z. B. der Kelch und die Blumenkrone, nehmen entweder an den Veränderungen Theil oder sie vertrocknen und verschwinden mit den Staubblättern. Wo mehrere Fruchtknoten in einer Blüthe vorhanden sind, z. B. bei der Erdbeere, bilden sich auch mehrere Früchte; man muß demnach zwischen einer einfachen und einer zusammengesetzten Frucht unterscheiden; man muß ferner, dem Blüthenstande entsprechend, auch Fruchtstände annehmen und somit von Fruchtähren, Fruchttrauben, Fruchtköpfchen und Fruchtdolden reden.

Die Nadelhölzer und Cycadeen, denen der Fruchtknoten fehlt, besitzen somit auch keine Frucht, wohl aber Samen; ihr weiblicher Blüthenstand wird zu einem Samenstand. Der Same aller phanerogamen Pflanzen bildet sich aus einer Samenknospe, in welcher sich ein Keim entwickelt.

Die Einzelfrüchte kann man in drei große Gruppen theilen; in solche, welche zur Zeit ihrer Reife aufspringen und ihren Samen verlieren, die Kapselfrüchte; in solche, welche in einzelne Theile zerfallen, ohne daß ihr Same diese Theile verläßt, die Spaltfrüchte; und in solche, welche nicht aufspringen, die Beeren, Steinbeeren und Schließfrüchte.

Bei der Kapselfrucht (capsula) wird die Art ihres Aufspringens wichtig; sie öffnet sich entweder mit einem Loch, wie bei der Reseda, oder mit einem wahren, ringsum sich ablösenden Deckel, wie beim Gauchheil (Anagallis), oder mit von einander tretenden Klappen, wie beim Veilchen und beim Stechapfel, oder mit Längsspalten, wie bei den Orchideen u. s. w.

Die Spaltfrucht (Schizocarpium) ist nach der Weise, in welcher die Theilung erfolgt, verschieden. Die durch Längstheilung entstandenen Stücke einer Frucht pflegt man Cocci, Mericarpia zu nennen (bei den Malven, den Borragineen, den Rubiaceen, den Umbelliferen, bei Tropaeolum und beim Ahorn); die durch Quertheilung entstandenen Fruchtstücke bezeichnet man als Glieder (articuli), (beim Hufeisenklee [Hippocrepis], beim Rettig u. s. w.)

Bei der Beere (Bacca) wird das Gewebe des Fruchtknotens, welches die Samen umschließt, saftig oder fleischig, z. B. bei der Stachelbeere, der Tollkirsche, beim Flieder, bei den Gurkenarten, dem Apfel u. s. w.

Bei der Steinbeere (Drupa) verholzt dagegen der innere Theil des Fruchtknotengewebes, welcher bei der eigentlichen Beere saftig bleibt, während nur das äußere Gewebe saftig oder fleischig bleibt (bei der Pflaume, Kirsche, dem Pfirsich u. s. w.); auch die Wallnuß ist hierher zu zählen.

Die Schließfrüchte (Achenia) besitzen eine trockene, meistens verholzte Schale, sie sind ein- oder mehrfächrig; hierher gehören die Früchte der Gräser, der Compositen, vieler Ranunculaceen, ferner die Früchte der Cupuliferen, z. B. der Eiche (Taf. 4, Fig. 13), der Buche (Taf. 4, Fig. 7), der Kastanie, desgleichen der Birke und der Erle (Taf. 3, Fig. 12 und Taf. 4, Fig. 19).

Die Himbeere und die Erdbeere sind zusammengesetzte Früchte; die erstere trägt wahre saftige Beeren an einer verholzten Spindel, die Erdbeere dagegen besteht aus verholzten Schließfrüchten, von einer saftig gewordenen Spindel getragen; die letztere ist das Stengelorgan, an welchem die zahlreichen Fruchtknoten aus Fruchtblättern entstanden. Das Becherchen (die Cupula) der Eichel entsteht aus der Blüthenhülle, dem Involucrum, welches den Fruchtknoten zur Blüthezeit umgiebt; die vierklappig aufspringende Hülle, welche die beiden Nüsse der Buche oder die Nüsse der Kastanie umschließt, entsteht aus demselben Involucrum des weiblichen Blüthenstandes, dessen Hüllblätter hier stachel- oder dornartig ausgebildet werden. Der blattartige Becher, welcher die Haselnuß umgiebt, bildet sich aus der zur Blüthezeit kaum bemerkbaren Blüthenhülle (vgl. S. 271). Der Apfel und die Birne entsprechen einem fleischig gewordenen Fruchtknoten. Die Frucht des Ahorns zerfällt in zwei geflügelte, einsamige, Mericarpia; die nicht zerfallende Frucht der Birke ist gleichfalls geflügelt (Taf. 3, Fig. 12).

Der Same (Semen) entsteht, wie bereits mehrfach erwähnt,

aus der befruchteten Samenknospe. Der Same selbst besitzt eine Schale und einen Kern.

Wie die Fruchtschale aus dem veränderten Gewebe des Fruchtknotens entsteht, so entwickelt sich die Samenschale (Testa) aus der Knospenhülle oder aus dem Knospenkern der Samenknospe. Nur eine vollständige Fortbildungsgeschichte der Samenschale kann mit Sicherheit darthun, was dem einen und was dem anderen Theile zukommt; an dem reifen Samen kann man über den Ursprung der Samenschale nichts entscheiden. Man muß zunächst durch die Entwickelungsgeschichte der Samenknospe selbst wissen, ob Knospenhüllen vorhanden waren und ob selbige nicht, wie die innere Knospenhülle der Orchideen, sammt dem Knospenkern, von dem sich ausbildenden Keim verzehrt wurden; man muß ferner erforschen, wie sich die innere, wie sich die äußere Knospenhülle bei ihrer Ausbildung zum Samen verhalten und wie sich der Ueberrest des Knospenkerns mit ihnen verträgt. Am reifen Samen kann man nur den gegenwärtigen Bau der Samenschale studiren.

Die Samenschale ist zur Zeit der Fruchtreife meistens trokken, entweder häutig, lederartig oder holzig; häutig ist dieselbe bei der Wallnuß und der Haselnuß, bei der Eichel, beim Kirschkern ꝛc.; lederartig erscheint sie bei dem Tannensamen, dort ist sie überdies mit Oelbehältern versehen; holzig ist dieselbe beim Samen der Lerche, die Oelbehälter fehlen sowohl hier als bei der Fichte. In der Samenschale vieler Pflanzen, so namentlich bei den Cruciferen, sind zierlich verdickte Zellen mancherlei Art vorhanden.

Der Kern des Samens besteht entweder aus einem einfachen oder doppelten Sameneiweiß und aus einem Keim, oder, wenn das Sameneiweiß fehlt, aus dem Keim allein. In der Regel ist auch bei dem sogenannten eiweißlosen Samen noch ein geringer Ueberrest des inneren Sameneiweißes vorhanden, z. B. bei der Wallnuß. Das innere oder einfache Sameneiweiß (Endosperm) besteht aus dem im Embryosack entstandenen Nahrungsgewebe. Bei den Nadelhölzern, beim Buchweizen, bei den Gräsern ꝛc. haben wir

dasselbe kennen gelernt. Ein doppeltes Sameneiweiß (Perisperm), der fleischig gewordene Ueberrest des Knospenkerns, ist nur wenig Pflanzen, z. B. den Seerosen (Nymphäaceen) eigen. Das Sameneiweiß enthält die Nahrungsstoffe für den Keim. Die reifen Samen der Eiche, der Buche, der Kastanie, der Roßkastanie, der Birke, der Erle, des Ahorns ꝛc. besitzen kein Sameneiweiß. Die Zellen des Sameneiweißes enthalten Nahrungsstoffe für den Keim, diese sind nach der Pflanzenart verschieden; häufig bestehen dieselben aus Stärkmehl oder ähnlichen Kohlenhydraten, in anderen Fällen aus fettem Oel; nicht selten sind fettes Oel und Kohlenhydrate neben einander vorhanden. Ueber das Sameneiweiß, so wie über den Keim, habe ich bereits im zweiten Abschnitt dieses Buches geredet.

Einen Samenstand besitzen nur die Nadelhölzer und die Cycadeen, weil nur diesen Pflanzen nackte Samenknospen eigen sind; den Samenstand der Nadelhölzer nennt man Zapfen (Conus). Bei der Tanne und bei der Lerche besteht derselbe aus blattartigen Deckschuppen, den Blättern entsprechend, und verholzten Fruchtschuppen, Stammknospen entsprechend. Jede Fruchtschuppe trägt an ihrem Grunde zwei mit einem langen häutigen Flügel versehene Samen (Taf. 1, Fig. 1 und 16; Taf. 3, Fig. 1 und 7). Bei der Kiefer und bei der Fichte sind die Deckschuppen verkümmert, die Fruchtschuppen holzig geworden; selbige tragen an ihrem Grunde, gleich der Tanne und Lerche, zwei geflügelte Samen. Der Flügel des Samens entsteht aus den Schichten der Innenseite der Fruchtschuppe; ein zartes Gewebe begrenzt schon frühzeitig den zum Flügel bestimmten Theil der Fruchtschuppe. Wenn der Zapfen reift, wird das Gewebe trocken, der geflügelte Same trennt sich von seiner Fruchtschuppe in derselben Weise, als die Kapselfrucht durch ein Trockenwerden bestimmter Zellenreihen in gesetzmäßiger Weise aufspringt. Der geflügelte Same (Taf. 1, Fig. 1; Taf. 2, Fig. 1) wird vom Winde weiter geführt, er keimt, wo er einen günstigen Boden findet; daher die Benennung Tannen-, Fichten- ꝛc. Anflug für die nicht durch Menschenhand gesäeten Keimpflanzen dieser Bäume.

Der Samenstand des Wachholders wird beerenartig, weil seine drei Fruchtschuppen sich an einander legen, mit einander verwachsen und saftig werden. Der Einzelsame des Eibenbaumes wird gleichfalls beerenartig, weil sein Samenmantel saftig wird.

Mancher Fruchtknoten enthält mehrere Samen, während die Frucht nur einen Samen umschließt. Nicht alle Samenknospen werden, wie es durchaus natürlich erscheint, befruchtet; nicht alle befruchteten Samenknospen kommen in allen Fällen zur Entwicklung. Der Fruchtknoten des Kirschbaums und des Mandelbaumes enthalten jederzeit mehrere Samenknospen und doch kommen nur höchst selten zwei Samen in einem Kern zur Ausbildung; der Fruchtknoten der Eiche enthält sechs, seltener vier Samenknospen, die Eichel umschließt dagegen nur höchst selten mehr als einen Samen; auch bei der Buche und bei der Kastanie, wo in jedem Fruchtknoten mehrere Samenknospen vorhanden sind, entwickeln sich nur höchst selten zwei Samen in einer Nuß. Es scheint demnach, als ob in den genannten Fällen der eine Same die Nahrung, welche dem Fruchtknoten zugeführt wird, allein verzehrt und deshalb andere, gleichfalls befruchtete, Samenknospen neben ihm nicht zur Ausbildung gelangen. Im Embryosack der Nadelhölzer begegnen wir derselben Erscheinung (S. 278); obschon hier oftmals die Anlage zu mehreren Keimen vorhanden ist, wird dennoch in der Regel nur ein Keim ausgebildet, weil dieser eine höchst wahrscheinlich schon die nothwendigen Nahrungsstoffe für sich allein in Anspruch nimmt. Die Natur hat in aller Weise dafür gesorgt, ihre Zwecke zu erreichen; sie bildet die Anlage mehrerer Samenknospen, damit um so sicherer eine von den vielen befruchtet zum Samen werde, sie verschwendet scheinbar ihren Blumenstaub, damit von tausend Körnern um so sicherer eines sein Ziel, die Samenknospe, erreichen könne.

Der Bestäubung stehen nach der Pflanzenart mancherlei Hindernisse im Wege. Die Orchideen und Asclepiadeen können sich, wie wir bereits gesehen, nicht selbst bestäuben, sie bedürfen der In-

secten, die in ihren Blumen Honig schlürfend, den hier meistens massig zusammenhängenden Pollen aus der Anthere auf die Narbe oder den Ausgang des Staubwegkanals tragen. Wo Blüthen getrennten Geschlechts auf zwei verschiedenen Stämmen erscheinen, wie beim Eibenbaum, bei der Pappel und bei der Weide, muß der Wind den Blüthenstaub oft fernher der weiblichen Blüthe zuführen. Für manche Zwitterblumen ist ein starker austrocknender Wind gefährlich; er entführt erstens den Blüthenstaub, welcher die Samenknospe seiner eigenen Blüthe befruchten soll; durch ihn vertrocknet zweitens das saftige Oberhautgewebe der Narbe, welches durch seine Feuchtigkeit den Pollenschlauch hervortreiben und ernähren soll. Bei einem anhaltenden austrocknenden Winde verdorren die saftigen Narben der Gräser, die Befruchtung wird in diesem Falle verhindert. Ein schwaches Lüftchen und ein warmer milder Regen befördern in der Regel die Bestäubung und demnach das sogenannte Ansetzen der Früchte; ein starker Schlagregen spült dagegen den Blüthenstaub aus den Antheren und von den Narben, er ist für die Bestäubung und somit für die Samenbildung sehr nachtheilig.

Ein Fruchtknoten, der nicht bestäubt wird, stirbt in der Regel ab, er schwillt dagegen an, sobald seine Samenknospen befruchtet sind. Die nicht befruchtete Blüthe des Kirschbaums fällt mit ihrem Stiel vom Zweig, während der Fruchtknoten der befruchteten Blüthe sich zur Kirsche entwickelt. Die nicht bestäubte Orchideenblüthe bleibt wochenlang frisch, wird sie bestäubt, so welken ihre farbigen Kelch- und Blumenblätter schon nach wenig Tagen, während der Fruchtknoten mächtig anschwillt; der letztere verbraucht in diesem Falle viel Nahrungsstoffe zur Ausbildung seiner befruchteten Samenknospe, selbige werden der Blumenkrone entzogen, sie verwelkt.

Um Blüthen und Früchte zu entwickeln, bedarf die Pflanze einer gewissen Kräftigkeit; manche Bäume blühen erst im vorgerückten Alter (die Tanne und die Buche); die aus Samen entstandene Orchideenpflanze braucht mehrere Jahre, um die zur Blüthenbildung nöthige Größe und Kräftigkeit zu erlangen. Der Epheu blüht nur

unter sehr günstigen Verhältnissen; er ändert alsdann bekanntlich seine äußere Gestalt, er muß demnach auch in seinem Innern wesentliche, wahrscheinlich chemisch-physikalische, Veränderungen erfahren. Der Steckling eines blühenden Epheuzweiges soll wiederum Blüthen tragen, während der Steckling der nicht blühenden Pflanze vieler Jahre und äußerst günstiger Verhältnisse bedarf, um Blüthen zu entwickeln. Wie das Blühen und das Fruchtreifen schon eine gewisse Kräftigkeit der Pflanze voraussetzt, so scheint dasselbe auch der letzteren viel Kraft, d. h. viel Nahrung zu nehmen; die einjährigen Pflanzen sterben ab, sobald sie ihre Frucht gereift; die von Saft strotzenden Blätter der Agave americana welken, je mehr sich der colossale Fruchtschaft erhebt; nach der Blüthe stirbt diese Pflanze, sie blüht demnach nur einmal und zwar im hohen Alter. Die Eiche, welche Früchte trägt, macht in der Regel keinen zweiten Trieb; der Obstbaum, der viel Früchte trägt, macht wenig Zweige; auf ein sehr reiches Obstjahr folgt in der Regel eine minder gute Obsternte. Die Buche und die Eiche blühen nicht alle Jahre, auch die Fichte trägt nicht alljährlich Früchte. Der Boden und die übrigen Standortsverhältnisse kommen hier sehr in Betracht; auf günstigem Boden blüht die Eiche und die Buche häufiger als unter ungünstigen Verhältnissen. Die Tanne, welche nur in ihrem höchsten Gipfel Blüthen trägt, bringt alljährlich Früchte; die Zahl ihrer Zapfen ist gering, während die Fichte in einem guten Samenjahr von der Spitze bis unten herab mit Zapfen behängt ist. — Ein glaubwürdiger Mann erzählte mir, daß vor Jahren die Pflaumbäume seiner Gegend durch Raupenfraß heimgesucht und vollständig entlaubt wurden; er reinigte seine Bäume und erhielt auf diese Weise ihre Blätter und sparsamen Blüthen. Im kommenden Frühjahr sah er die Bäume seiner Nachbarn, welche im Sommer zuvor als dürres Holz gestanden, mit Blüthen überdeckt, Aeste und Zweige konnten im Herbst die Menge der Früchte kaum tragen, während seine Bäume, die im Jahre vorher nur mäßig trugen, auch in dem erwähnten Herbst nur wenig Früchte brachten. Die durch Raupen-

fraß entlaubten Bäume, welche im vorhergehenden Herbst keine Früchte trugen, scheinen demnach durch die Thätigkeit ihrer Wurzeln reichlich Nahrung, die sie nicht gehörig verwerthen konnten, aufgespeichert und durch diesen Ueberfluß im folgenden Jahre eine so reiche Ernte geliefert zu haben.

In der Blüthe bewunderten wir den Reichthum der Gestalten, der Farben und der Gerüche; auch die Frucht ist reich an allen dreien, sie erfreut nicht allein das Auge und den Geruchssinn, sie ergötzt auch den Geschmack, sie liefert uns zahlreiche Nahrungsmittel. Viele Pflanzen bauen wir allein, oder hauptsächlich, ihrer Früchte willen. Das Stärkmehl des Sameneiweißes der Getreidekörner ist eins unserer Hauptnahrungsmittel. Saftige Früchte mancherlei Art; die Traube, der Apfel und die Ananas, erquicken und ernähren uns, andere Früchte, die Vanille (eine Orchideenfrucht), der Pfeffer und die Muskatnuß, liefern uns Gewürze.

Wie die Frucht für uns wichtig, so ist sie es noch mehr für die Pflanze selbst, sie ist gewissermaßen das Ziel, wonach die letztere strebt; indem sie Samen bildet, sorgt sie für ihre Fortflanzung. Selbst aus dem Keim eines Samens entstanden, bringt sie wieder Samen mit neuen Keimen. Die Frucht, welche den Samen reifte, verfällt dem Tode; der Keim streift seine Samenschale ab, ihn umweht ein neues Leben, die Produkte der Verwesung der Frucht oder des Samens ernähren den Keim. So wandelt das Leben mit dem Tode Hand in Hand. In der Natur geht nichts verloren, die Stoffe kreisen fortwährend nach ewigen Gesetzen. Aus dem Tode entsteht Leben; das Leben wird des Todes Beute.

IX.

Der Baum und sein Leben.

Jedes Thier hat sein eigenes Leben, jede Pflanze nicht minder; vom Entstehen des Keimes ab bis zu seinem Tode bleibt es ihm eigenthümlich, und seinem Wesen nach unveränderlich.

Die Lebens-Verschiedenheiten der Thiere sind zunächst im inneren Bau begründet; das verschiedene Leben der Pflanzen entspringt ebenfalls aus den Verschiedenheiten des inneren Baues. Die Mythe der Alten gab jedem Baum seine besondere Dryade; diese Göttin, welche über jedem Baum wacht, welche das Leben jedes Baumes bestimmt, liegt im inneren Bau und in der chemischen Beschaffenheit der Stoffe jedes Baumes. Beide kennen wir noch viel zu wenig; die Pflanzenphysiologie ist ein noch sehr jugendlicher Zweig der Wissenschaft, der aber dessen ohngeachtet schon sehr viel verspricht, der nicht für das Leben der Pflanzen allein, sondern auch für das Leben der Organismen überhaupt, wichtige Aufschlüsse geben wird und muß. Die Pflanze ist einfacher gebaut als das Thier, ihre Zellen verändern sich weniger als im Thierreich; sie kann demnach über die Erscheinungen des Zellenlebens leichter Auskunft geben. Das Leben einer Zellenart ist vom Leben einer anderen durchaus verschieden, aus dem Zusammenwirken verschiedener Zellenarten, unter einander in bestimmter Weise angeordnet, entspringen die Eigenthümlichkeiten des Lebens einer jeden

Pflanze. Der innere Bau und die chemische Beschaffenheit der Pflanzen sind mehr oder weniger verschieden; nach der Art dieser inneren Verschiedenheiten richten sich die Abweichungen im Leben und in der äußeren Erscheinungsweise der Gewächse. Wie man demnach von einer Pflanze nicht unbedingt auf eine andere schließen, d. h. nicht für alle Lebensverrichtungen bei allen Pflanzen durchaus dasselbe erwarten darf, so kann man noch viel weniger Schlüsse vom Pflanzenreich auf das Thierreich direct übertragen.

Bestimmte, für das Leben überhaupt sehr wichtige, Grundgesetze, z. B. der Zellenbildung, der Diffusion u. s. w., lassen sich jederzeit für beide Reiche und, wie ich glaube, für alle Fälle festhalten; andere Gesetze, z. B. die Wachsthumsverhältnisse des Stammes und der Wurzel, sowie der Blätter, desgleichen die Entstehungsweise des Pflanzenkeimes gelten für alle Gewächse, welche mit diesen Theilen versehen sind. Neben diesen überall oder in einem sehr weiten Kreise gültigen Grundgesetzen giebt es in jedem der beiden organischen Reiche noch viele Gesetze beschränkterer Verbreitung. Der innere Bau, d. h. bestimmte vorhandene Zellenarten, bedingen diese Gesetze; wo die Ursache fehlt, muß auch die Wirkung fehlen. Kennten wir den inneren Bau und die chemischen und physikalischen Verhältnisse jeder einzelnen Zelle einer Pflanze, so wie wir sie kennen sollten, kennten wir ferner das Zusammenwirken der verschiedenen Zellen unter einander, so wir es kennen müßten, d. h. nach allen Seiten hin und in allen Erscheinungsweisen, wir würden sicherlich alle Lebenserscheinungen der Pflanze erklären, d. h. auf eine sehr geringe Zahl bestimmter einfacher Grundgesetze zurückführen können. — Ob wir je dies Ziel erreichen werden, weiß ich nicht.

Das Leben des Baumes äußert sich in dem Höhen- und Dickenwachsthum seiner bereits vorhandenen Stamm- und Wurzeltheile, ferner in der Bildung neuer Zweige und Wurzeln und endlich in der Bildung der Blätter, der Blüthen und der Früchte. Wie sich der Stamm und die Wurzel verlängert und verdickt, wie

neue Zweige und neue Wurzeln entstehen, wie sich Blätter, Blüthen und Früchte bilden, haben wir nach einander betrachtet; ich will jetzt versuchen, ein Bild vom Gesammtleben des Baumes zu entwerfen.

Das Leben der höher entwickelten Pflanze beruht, wie wir im ersten Abschnitt dieses Buches gesehen, auf dem gesetzmäßigen Zusammenwirken ungleichwerthiger Zellen. Jeder Theil einer Pflanze wächst und lebt nach bestimmten Gesetzen, welche in der Anordnung und dem Werth bestimmter Zellen ihre Ursach finden. Jede lebendige Zelle eines Baumes lebt für sich, sie lebt aber auch für und durch ihre Umgebung. Wie die Räder eines Maschinenwerkes in einander greifen, und durch ihr Zusammenwirken eine bestimmte Thätigkeit entwickeln, so wirkt das Leben einer Zellenart auf das Leben anderer Zellenarten; das gesetzmäßige Zusammenwirken der verschiedenen Zellenarten bedingt die bestimmten Thätigkeiten einer jeden höheren Pflanze.

Die Pflanze braucht zum Leben Stoffe, sie kann selbige nicht erzeugen, weil die Materie überhaupt nicht erzeugbar, weil sie ewig ist; wohl aber kann sie aufgenommene zusammengesetzte Stoffe umändern, d. h. in ihre Grundbestandtheile zerlegen und aus letzteren neue Verbindungen herstellen (S. 8). Die Pflanze braucht demnach, wie das Thier, Nahrungsstoffe; woher nimmt sie dieselben?

Der Baum wurzelt im Boden, die jüngeren Theile seiner Wurzeln sind mit einer äußerst zarten Oberhaut, welche in der Regel längere oder kürzere, gleichfalls zartwandige Haare ausschickt, versehen. Durch diese Oberhaut und ihre Haare entnimmt die Pflanze dem Boden in Wasser gelöste Stoffe, sowohl mineralischer als nicht mineralischer Natur. Alle mineralischen Stoffe, die wir entweder als Krystalle in der lebenden Pflanze, oder nach dem Verbrennen derselben, in der Asche wiederfinden, müssen durch die Wurzel dem Boden entzogen sein. Das Kali und das Natron, die Kalk- und die Talkerde, desgleichen die Kieselsäure scheinen hier eine Hauptrolle zu spielen, auch Eisen und Mangan sind in ge-

ringer Menge hie und da gefunden; andere metallische Salze scheinen von der Pflanze nicht leicht aufgenommen zu werden. Die Pflanze braucht Schwefel und Phosphor, beide erhält sie wahrscheinlich zum größten Theil durch die Wurzel in Form löslicher schwefelsaurer und phosphorsaurer Salze; sie braucht Stickstoff in Menge, auch dieser wird ihr zum größten Theil durch die Wurzel zugeführt. Von der unbegründeten Voraussetzung ausgehend, die Pflanze entnähme ihren ganzen Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt der Luft, erklärte Liebig den organischen Dünger für überflüssig. Wenn der Boden selbst viel organische Stoffe enthält, wie die Wald- und Humuserde, so kann er allerdings animalischen Dünger entbehren, er bedarf in einem solchen Falle auch gar selten des von Liebig empfohlenen mineralischen Düngers. Wer düngt den Wald? und doch hat er bei der richtigen Wahl der Bäume und der richtigen Weise des Betriebes, was er bedarf, er selbst düngt seinen Boden; die abfallenden Blätter verwesen, ihre organischen Bestandtheile verflüchtigen sich theilweise, anderentheils bleiben sie als Humus mit den mineralischen Stoffen im Boden. Derselbe Baum nimmt vielleicht durch seine Wurzel zu wiederholten Malen dieselben Stoffe auf, welche er mit seinen Blättern vormals abgeworfen. In der Ackererde selbst bildet sich nach Mulder durch eine Zerlegung der Luft Salpetersäure und Ammoniak; das salpetersaure Natron (der Chilisalpeter) wird jetzt als treffliches Düngmittel von den Landwirthen empfohlen; fossile Vogelexcremente (der Guano) dienen ebenfalls, gleich unserem animalischen Dünger, zur Verbesserung des Bodens; ein gedüngter Boden giebt bekanntlich einen reicheren Ertrag als ein nicht gedüngter Acker. Die Wirksamkeit des thierischen Düngers liegt zunächst in seinem Stickstoffgehalt. Die Salpetersäure des Chilisalpeters besteht aus Stickstoff und Sauerstoff, das Ammoniak im Guano, an Harnsäure, welche gleichfalls stickstoffhaltig ist, gebunden, besteht aus Stickstoff und Wasserstoff. Der Chilisalpeter sogut wie der Guano wirken zunächst ihres Stickstoffgehaltes wegen günstig auf die Vegetation; sie werden wahr-

scheinlich, ehe sie von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden, durch die Verwesung noch weiter zerlegt.

Die Verwesung wirkt zu Gunsten des Lebens, der Tod liefert dem Leben was es bedarf. Indem die organische Substanz todter Thiere und Pflanzen rascher oder langsamer verwest, entwickeln sich flüchtige Verbindungen mancherlei Art, die sich zum Theil in die Atmosphäre verlieren und von den Blättern des Baumes aufgenommen werden, zum Theil sich aber auch mit den im Boden vorhandenen Stoffen zu nicht flüchtigen Verbindungen vereinigen und dann in flüssiger Form von der Wurzel aufgesogen werden. Die wesentlichsten Produkte der Fäulniß sind Ammoniak, Kohlensäure und Wasser, drei Verbindungen, welche zum Leben der Pflanze nothwendig sind, und die zum Theil in Gas- oder Dunstform, zum Theil, mit anderen Stoffen verbunden, in flüssiger Gestalt aufgenommen werden. Die Kalk- und Talksalze des Bodens vereinigen sich mit der frei werdenden Kohlensäure, um als lösliche doppelt kohlensaure Salze von der Wurzel aufgesogen zu werden. Die Quellsäure und die Quellsatzsäure, aus dem unlöslichen Humus entstanden, verbinden sich mit Ammoniak und mineralischen Stoffen zu löslichen Doppelsalzen; so empfängt die Pflanze durch die Wurzel nicht allein mineralische Nahrung, sondern gleichfalls organische Stoffe, sie verdankt sogar den größten Theil der Stickstoffverbindungen der Thätigkeit ihrer Wurzeln. Einen großen Theil des zum Leben nothwendigen Wassers erhält der Baum ebenfalls auf diesem Wege. Was die Pflanze durch ihre Wurzeln aufnimmt, nenne ich Bodennahrung.

Des Baumes Blätter breiten in der Luft ihre grünen Flächen aus; sie entziehen durch ihre Oberfläche der Atmosphäre gas- und dunstförmige Stoffe. In der Luft ist Kohlensäure, durch die Verwesung frei geworden, entweder für sich oder an Ammoniak gebunden, vorhanden; in ihr sind ferner, gleichfalls als Produkte der Verwesung auf der Erdoberfläche, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff verbreitet; alle diese Gasarten werden mit der Luft von

den Blättern und den grünen Rindentheilen aufgenommen. Die Luft enthält Wasserdünste und mit ihnen mechanisch aufgerissene lösliche und unlösliche mineralische und organische Stoffe; die Luft über dem Meere und an den Küsten ist bekanntlich mit Salztheilchen geschwängert. Der Thau und der Regen bringen letztgenannte Stoffe mit der Pflanzenoberfläche in Berührung, selbige nimmt die gas- und dunstförmigen, desgleichen die gelösten Theile in sich auf, ihre Blätter saugen reichlich Feuchtigkeit ein. Eine kühle Sommernacht erquickt durch ihren Thau Hain und Flur, ein warmer Gewitterregen erfrischt nach langer Dürre den versengten Wald. Was die Pflanze durch ihre Blätter und grünen Rindentheile aufnimmt, nenne ich Luftnahrung.

Während die Oberfläche der jungen Wurzel zunächst für die Aufnahme der Bodennahrung sorgt, hat die Oberfläche der Blätter, wie die grüne Oberfläche der Pflanze überhaupt, noch eine zweite, sehr wichtige, Funktion: sie dient zur Abscheidung gas- und dunstförmiger Stoffe. Von der Wurzel werden, der Quantität nach, nur sehr wenig Stoffe in den Boden abgeschieden, die Wurzel verdirbt den Boden demnach nicht, wie man früher glaubte, durch Ausscheiden schädlicher Stoffe; sie entkräftet ihn vielmehr, weil sie ihm lösliche Stoffe entzieht. (Vergl. S. 183.)

Der Baum, wie die höher entwickelte Pflanze überhaupt, verarbeitet in seinen Zellen die aufgenommene Boden- und Luftnahrung, der chemische Prozeß ist in den lebendigen Zellen der Pflanze fortdauernd thätig, derselbe zerlegt und verbindet fortwährend. Wie der Baum unserer Zone im Sommer unaufhörlich dem Boden und der Luft Stoffe entnimmt, so giebt er auch fortwährend und zwar namentlich durch seine Blätter und grün gefärbte Rindenoberfläche andere Stoffe wieder ab. Die grüne Oberfläche der Pflanze verdunstet Wasser in großer Menge, zumal bei trockener Luft, sie haucht außerdem Gase mancherlei Art in die Atmosphäre. Die Aufnahme der Stoffe scheint bei der Pflanze mit dem Abgeben anderer in einem bestimmten Verhältniß zu stehen. Im Winter ist

das Leben des Baumes, durch das Herabsinken der Wärme, unthätig geworden; der Laubwald hat seine Blätter verloren, die Wurzel nimmt, wie es scheint, jetzt keine Stoffe aus der Erde; der Saftaustausch innerhalb der lebenden Zellen im Baum stockt, weil die Zellen selbst unthätig werden. Für die Bäume der Tropen, welche sich zu einer gewissen Zeit entlauben, mag ein ähnliches Verhältniß gelten, die Ursache der veränderten oder gehemmten Lebensthätigkeit wird hier in dem Mangel an Feuchtigkeit zu suchen sein; mit dem Eintritte der Regenzeit belaubt sich der Baobab (Adansonia digitata) aufs neue*).

Die Blätter sind dem Lichte ausgesetzt, sie wenden in der Regel ihre breiteste Oberfläche demselben entgegen (S. 165). Durch den Einfluß des letzteren ändert sich der chemische Prozeß in ihren Zellen, es entsteht Blattgrün**); die grüne Färbung der Blätter ist eine Folge seiner Bildung. Das Rindenzellgewebe unter einer noch thätigen Oberhaut verhält sich wie das Gewebe der Blätter, die jugendliche Rinde der Bäume ist grün gefärbt. Selbst der Peridermaüberzug der Buchenrinde scheint den chemischen Einfluß des Lichtes auf die unter ihm liegenden Zellen nicht ganz zu hemmen, eine grün gefärbte Zellenschicht liegt unter diesem Periderma. Die starke Borkebildung anderer Bäume scheint dagegen den Lichteinfluß mehr oder weniger zu beschränken. — Die Oberhaut der oberen Blattfläche ist bei den meisten Bäumen ohne Spaltöffnungen, während die untere Blattfläche, den Wachholder ausgenommen, Spaltöffnungen besitzt. Die obere Seite des Blattes scheint mehr für die Einwirkung des Lichtes, die untere Seite mehr für die Aufnahme und Abgabe gas- und dunstförmiger Stoffe bestimmt. Die grün gefärbte Rinde junger Zweige ist mit einer thätigen Oberhaut, welche in vielen Fällen Spaltöffnungen besitzt, versehen.

---

*) Trémaux, voyage au Soudan oriental.

**) Die selten vorkommende Bildung des Blattgrüns im Keim, z. B. bei Tropaeolum, erfolgt wie es scheint, ohne directen Einfluß des Lichtes; es müssen demnach noch andere Ursachen seine Bildung veranlassen können.

Der Baum, wie jegliche Pflanze, kann nur durch seine Oberfläche Nahrungsstoffe aufnehmen und ebenfalls nur durch dieselbe nicht benutzte oder nicht mehr brauchbare Stoffe abgeben, er hat nicht, wie das Thier, innere Ernährungs- oder Verdauungsorgane. Nicht die ganze Oberfläche des Baumes ist zur Aufnahme und zur Abscheidung fähig, nur bestimmte, meistens jugendliche Theile der Pflanze dienen solchem Geschäfte. Der unterhalb der Wurzelhaube einer jeden Wurzel gelegene Theil der letzteren besorgt zunächst die Aufnahme der Bodennahrung, die älteren Wurzeltheile, deren Außenrinde abgestorben, mit Borke bedeckt ist, nehmen keine Bodennahrung auf; eben so wenig ist die mit Borke bedeckte Rinde des Stammes zur Aufnahme von Luftnahrung fähig.

Die Wurzel wächst an ihrer Spitze, letztere rückt immer weiter, entweder geht sie in die Tiefe oder sie verbreitet sich mehr in der Fläche. Auf diese Weise trifft sie immer auf neue Theile des Bodens und entnimmt denselben, was sie löslich findet und was ihre Wurzelhaare aufzunehmen vermögen. So wie die Wurzelspitze weiter rückt, stirbt ihre Oberhaut gleichzeitig von hinten her ab. Die älteren Wurzeltheile verhalten sich zum Boden indifferent. Auf den Wachsthumsgesetzen der Wurzel beruht das ungleiche Gedeihen eines tief wurzelnden Baumes, der auf geschichtetem Boden steht; so lange die Wurzelspitzen in einer ihnen ungünstigen Bodenschicht streichen, gedeiht derselbe schlecht, sobald sie in eine bessere Bodenschicht gelangen, erholt sich der vormals kränkelnde Baum; bei einem umgekehrten Verhältniß ändert sich gleichfalls des Baumes Befinden. Bäume, auf altem Gemäuer wachsend, z. B. Fichten auf der Klosterruine Paulinzell (Thüringer Wald) werden selten alt. An Luftnahrung fehlt es diesen Bäumen nicht, wohl aber mangelt, wenn sie ein gewisses Alter erreicht haben, die Bodennahrung, der Baum wird kränklich, er stirbt ab; so lange er günstige Bodennahrung findet, wird er auch hier fortwachsen. Die Fichte keimt sehr gern auf faulen Tannenstöcken, weil sie dort reichlich Nahrung findet. — Nicht die Wurzeln allein, auch die Zweige der Bäume bilden über

kurz oder lang unter ihrer Oberhaut eine Korkschicht, letztere beschränkt oder verhindert die Aufnahme und Abscheidung gas- und dunstförmiger Stoffe. Die Verdunstung an der Oberfläche des entlaubten Baumes, dessen junge Zweige längst ein Kork bedeckt, ist, wie ich glaube, im Winter sehr gering. Die Verdunstung an der Oberfläche ist bekanntlich ein Hauptmoment des Saftaustausches in der Pflanze; wenn selbige aufhört, muß auch die Diffusion beschränkt oder gänzlich aufgehoben werden.

Jede Zellenart hat, wie wir gesehen, ihr eigenes Leben und ihre eigene Bestimmung, und dennoch liefern innerhalb gewisser Grenzen dieselben Zellenarten bei verschiedenen Pflanzen verschiedene Erzeugnisse; die Bastzellen der Euphorbiaceen geben Milchsaft, während die Bastzellen der Buche verholzen. Geringe chemische und anatomische Verschiedenheiten dieser Zellen, desgleichen ihrer Umgebung, müssen die Ursache dieser verschiedenen Erzeugnisse sein. Jede Zellenart verarbeitet die ihr dargebotenen Nahrungsstoffe in bestimmter Weise; sie wirkt in eben so bestimmter Weise auf die Zellen ihrer Umgebung. Durch den chemischen Prozeß in der lebenden Zelle und durch das Streben nach Ausgleichung zwischen dem Zellsaft der einen und der anderen Zelle entsteht der Saftaustausch innerhalb der Pflanze, welcher durch Diffusion (S. 13) vermittelt wird. Sicherlich finden sich in der höheren Pflanze, und deshalb zumal im Baume, Saftströme sehr verschiedener Richtungen. Eine und dieselbe Pflanzenzelle kann möglicherweise den einen chemischen Stoff aufwärts, den anderen abwärts führen (S. 38). Das Cambium der Gefäßbündel führt sicherlich einen Hauptsaftstrom von der Wurzel durch Stamm und Zweige bis in die Spitze der Blätter; der hier aufwärts beförderte Saft ist zunächst sehr reich an stickstoffhaltigen Substanzen (Zucker und Schwefelsäure färben das Cambium der Gefäßbündel jederzeit rosenroth). — Die Bastbündel in der Rinde führen wahrscheinlich einen anderen Saftstrom aufwärts durch den Stamm, derselbe enthält, wie es scheint, zunächst mineralische Substanzen; die Bast-

bündel aller von mir untersuchten Baumrinden sind von kleinen Zellen dicht umschlossen, welche große Krystalle (Kalksalze, wahrscheinlich Gyps) enthalten. — Der Splint unterhält vielleicht einen Saftstrom für noch andere chemische Substanzen (?). Das Parenchym der Rinde selbst befördert wahrscheinlich, neben kleineren Strömen verschiedener Richtung, einen Hauptsaftstrom nach abwärts; die Erscheinungen des Ringelns der Zweige (S. 140), desgleichen die mehrjährige Fortdauer des Wachsthums bei einem nur von oben her mit der Rinde des Stammes verbunden gebliebenen Rindenstück (S. 241) sprechen zu Gunsten des abwärts steigenden Saftstromes in der Rinde. Die Markstrahlen endlich unterhalten sicher einen Saftstrom in wagerechter Richtung. Auch die Markscheide und das Mark dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Der Vegetationspunkt der Stamm- und der Wurzelknospe ist sicher durch den starken Verbrauch der Stoffe eine wesentliche Ursache der Störung des Gleichgewichts im löslichen Inhalt der lebendigen Zellen und dadurch mittelbar die Ursache bestimmter Saftströme.

Keine Seite des Pflanzenlebens liegt noch so sehr im Dunkeln als die Lehre vom auf- und abwärts steigenden Saftstrome innerhalb der höheren Pflanze. Die alten Hypothesen sind, seitdem man den inneren Bau der Gewächse näher kennen gelernt, gänzlich unbrauchbar geworden; der Saft steigt nicht in Röhren, in den Gefäßen, auf und ab, wie man früher angenommen; die Gefäße führen, sobald sie ausgebildet sind, gleich den Holzzellen, keinen Saft; sie sind mit Luft erfüllt. Der Nahrungssaft steigt auch nicht allein, wie man später annahm, zwischen Holz und Rinde aufwärts; es giebt höchst wahrscheinlich der auf- und abwärts steigenden Saftströme in derselben Pflanze mehrere. Die Art der Saftbewegung richtet sich allein nach der Art des Verbrauchs und nach der chemischen Beschaffenheit des Zelleninhalts und der Zellenwandung. Der starke Verbrauch der Stoffe durch die Stammknospen bedingt wahrscheinlich zunächst die aufwärts steigenden Saftströme; ich nehme deren, wie wir gesehen, mehrere für chemisch verschiedene Stoffe

an. Der nicht minder starke Verbrauch der Stoffe durch die Wurzelknospen veranlaßt wahrscheinlich einen oder mehrere abwärts steigende Ströme; der Verbrauch bestimmter chemischer Stoffe in einer gewissen Zellenart erzeugt endlich, eben so wahrscheinlich, Ströme in verschiedenen anderen Richtungen. — Wir finden, wie ich mit Sicherheit nachgewiesen, in bestimmten Zellen bestimmte chemische Stoffe, welche anderen Zellen fehlen.

Das Bluten des Weinstocks und der Birke, desgleichen die Saftfülle im Cambium unserer Bäume bei Eintritt des Frühlings, beruht auf der großen Thätigkeit der chemischen Prozesse. Bei einem mehr geregelten Verbrauch der vorhandenen löslichen Stoffe durch die Pflanze, wenn letztere erst zu treiben beginnt, hört auch das Bluten auf; hätte der Baum nicht zur Herbstzeit in seiner Rinde und in bestimmten Theilen seines Splintes (in den Markstrahlen und im Holzparenchym) Stärkemehl u. s. w. aufgespeichert, welches sich durch die Wärme und Feuchtigkeit des Frühlings chemisch verändern, verflüssigen könnte, so würde er die in seinen Knospen angelegten Triebe nicht entfalten können. Der Keimling einer Pflanze bedarf, ehe er selbst Blätter besitzt, der Samenlappen oder des Sameneiweißes, welche für ihn Nahrung liefern; der junge Trieb in der Knospe bedarf ebenfalls, bis er seine Blätter entfaltet, der in der Rinde und im Splint für ihn aufgespeicherten Nahrung; später sorgen die Blätter des Keimlings und der Knospe selbst für die Luftnahrung des jungen Triebes. Die jungen Knospen verbrauchen viele Nahrungsstoffe; der Weinstock und die Birke bluten deshalb nur kurze Zeit. Die Rinde unserer Waldbäume schält sich im Frühling ebenfalls nur für kurze Zeit; sie schält sich zum zweiten Male zur Zeit des sogenannten zweiten Triebes, d. h. um die Zeit, wo der Zweig des Jahres ausgebildet ist, und sich in den Knospen desselben die Anlage neuer Triebe bildet. Zuerst scheint alsdann eine augenblickliche Stockung im Wachsthum einzutreten; die Nahrungsstoffe werden von nun an anders verwerthet, der Baum ist in ein anderes Lebensverhältniß eingetreten (Vergl. S. 142).

Zur Ausbildung der Blüthe und Frucht werden reichlich Stoffe verbraucht; ein Baum der üppig blüht, wächst in der Regel sowohl in die Höhe als im Umfang nur bescheiden; ein Baum der gar nicht blüht, treibt in der Regel mächtig Zweige. Die Eiche, welche keine Früchte trägt, macht häufig einen zweiten Trieb; das Höhenwachsthum der Tanne nimmt, wie es scheint, allmälig ab, sobald der Baum zur Blüthe kommt. Die Fichte und die Buche blühen nicht alle Jahre; bei unseren Obstbäumen pflegt auf ein reiches Blüthenjahr in der Regel ein sehr spärliches zu folgen. Jeder Baum muß, um Blüthen zu entwickeln, ein gewisses Alter, d. h. eine gewisse Kräftigkeit erlangt haben; die eine Baumart blüht früher als die andere, weil sie früher zu dieser Kräftigkeit gelangt.

Schon im Keime der verschiedenen Bäume sehen wir wesentliche, sowohl chemische als anatomische Verschiedenheiten. In der Anlage des Baumes liegt gleichfalls die Anlage zu allen späteren chemischen und anatomischen Verschiedenheiten desselben. Der Stamm, das Blatt und die Wurzel eines jeden Baumes hat innerhalb gewisser Grenzen seinen besonderen Bau und danach auch seine besonderen Eigenthümlichkeiten. Die eine Baumart verlangt überdies andere Bodennahrung als die anderen; die eine Baumart gedeiht unter diesen, die andere unter jenen klimatischen Verhältnissen. Manche Pflanzen können sich den Verhältnissen, in welche sie gebracht werden, unterordnen, andere können es nicht; danach giebt es bodenfeste und bodenvage, klimafeste und klimavage Pflanzen. Die Kiefer gedeiht auf verschiedenen Bodenarten, die Tanne nur auf einem schweren feuchten Grunde. Höchst wahrscheinlich verändert sich nach dem Standort auch innerhalb bestimmter Grenzen das Leben einer Pflanze; die Wurzel einiger Bäume (der Eiche) treibt auf magerem Boden mehr und längere Wurzelhaare als in fetter Erde; die Tanne scheint niemals Wurzelhaare zu entwikkeln, und schon deshalb auf einen schweren Boden angewiesen. — Würde man vergleichend den Bau der Pflanzen recht genau studiren und gleichzeitig den Einfluß verschiedener äußerer Verhält-

nisse auf bestimmte Pflanzen eben so genau ins Auge fassen, man müßte schöne, für die Wissenschaft und für das Leben wichtige, Resultate erzielen.

Die weite Verbreitung bestimmter Baumarten und die engen Bezirksgrenzen anderer Bäume beruhen sicherlich auf der inneren Organisation und auf dem Vermögen oder Nichtvermögen, sich unter bestimmte Verhältnisse zu bequemen. Die Kiefer vegetirt von den Grenzen Italiens bis nach Lappland, in Frankreich wie im Osten Europas, sie gedeiht sowohl in den Weinländern als auch im hohen Norden Rußlands, wo kaum ein anderer Baum mehr fortkommt. Die Lerche ist dagegen in sehr enge klimatische Grenzen gedrängt; auf die kalten Regionen der höheren Gebirge angewiesen, verkrüppelt sie in wärmeren Gegenden, ihre Lebensthätigkeit wird überreizt, sie stirbt als junger Greis*). Die Fichte gedeiht bei uns am besten in einer Höhe von 1000 bis 2000 Fuß über dem Meere, in der Schweiz steigt sie bis zu einer Höhe von 5500 Fuß.

„Ein Fichtenbaum steht einsam
Im Norden auf kahler Höh';
Ihn schläfert; mit weißer Decke
Umhüllen ihn Eis und Schnee."**)

Auch die Tanne liebt einen hohen Stand. Die schönsten Tannen sah ich auf dem Wurzelberg, 2600 Fuß über dem Meere (Vergl. den folgenden Abschnitt). Die Birke, die Linde und die Schwarzerle haben eine große Verbreitung, die Eiche und die Buche sind mehr auf niedrige, wärmere Standorte angewiesen; dennoch gedeiht die Buche unter dem Schutze hoher Tannen und Fichten auch an höher gelegenen Orten.

Einige Bäume sind für den Frost sehr empfindlich (die Wallnuß und die Ulme), andere vertragen viel Kälte; unseren Nadel-

*) Siehe Oberforstrath Pfeil, Aus dem Walde. Deutsche Vierteljahrsschrift 1852. Nr. 59. S. 300. Ein höchst wichtiger Aufsatz des berühmten Verfassers.

**) H. Heine, Buch der Lieder S. 131.

hölzern, desgleichen der Birke, schadet selbst der stärkste Winter nicht. Bei sehr großer Kälte erfrieren nach Pfeil in Deutschland Eiche und Buche, während selbige in Schweden nicht erfrieren. Im Dezember und Januar schadet nach ihm die Kälte unseren Bäumen nicht, während sie im März denselben Nachtheil bringt; Pfeil sucht diesen Widerspruch, wie mir scheint mit Recht, in der chemischen Veränderung der Säfte des Baumes; die dem Frostwetter vorangehende kältere oder wärmere Witterung wird hier gewiß von größtem Einfluß sein.

Wie zu große Kälte, so ist auch zu große Wärme manchen Bäumen nachtheilig, insbesondere schadet eine directe Einwirkung des Sonnenlichts; die Buche kann das letztere nicht vertragen, sogar ihre Rinde reißt und blättert ab, wenn directe Sonnenstrahlen lange auf sie einwirken; junge Buchen lassen sich nur im Schatten erziehen; ein geschlossener Buchenbestand darf nur allmälig lichter gestellt werden. Auch die Tanne und Fichte verlangt für die ersten Lebensjahre einen schattigen Stand, später dagegen viel Licht, sie strebt dann mächtig in die Höhe. Die junge Eiche gedeiht im Schatten weniger gut; der Ahorn, die Esche, die Pappel und die Kiefer können Licht vertragen; letztere verkrüppelt sogar im Schatten, während die Buche vortrefflich gedeiht. Die Tanne kann nach Pfeil funfzig bis sechzig Jahre im Schatten krüppelig leben, licht gestellt, wächst sie darauf zum schönen Baum heran, die Birke stirbt dagegen bei mäßiger Beschattung schon im ersten Jahre; auch die Erle, der Ahorn, die Esche, die Ulme und die Kiefer erholen sich nach Pfeil niemals, die Fichte erholt sich langsam. An der Nordseite der Berge sind die Bäume in der Regel höher als an der Südseite; hier, wie im geschlossenen Bestand, fällt das Licht mehr auf die Gipfel, der Baum strebt nach aufwärts, während er im freien Wuchs, überall von Licht umgeben, nach allen Seiten seine Aeste ausbreitet, dagegen im Höhenwuchs zurückbleibt. Unter dem Schatten eines dichten Hochwaldes kann, wegen Lichtmangel, kein Unterholz gedeihen.

Die Eiche scheint mehr als andere Bäume auf Bodennahrung angewiesen (vergl. S. 72); ihre starken tiefgehenden Wurzeln liefern ihr den nöthigen Bedarf, sie gedeiht nur auf gutem Boden. Auch die Buche, die Hainbuche und die Ulme verlangen einen solchen; die Tanne liebt einen Untergrund von Thonschiefer oder Grauwake, die Fichte nimmt schon mit schlechterem Boden vorlieb, die Kiefer wächst auf jedem Grund, sie ist sogar mit dürrem Sand zufrieden.

Einige Bäume verlangen viel Feuchtigkeit, andere lieben einen mehr trocknen Stand; die Schwarzerle findet man nur an Flußufern und feuchten Niederungen, niemals auf trocknen hochgelegenen Plätzen. An Flußufern bildet sie in der Regel nach der Wasserseite ungleich mehr Aeste und Zweige als nach der Landseite, ihre Aeste neigen sich zur Wasserfläche hinab, als würden sie von ihr herangezogen. Die meisten Weidenarten sind gleichfalls auf feuchte Niederungen beschränkt; die Erle und die Weide scheinen nur in einer feuchten Atmosphäre zu gedeihen. Die Oberhaut ihrer Blätter ist zart, die Verdunstung ist bei ihnen ungleich stärker als bei anderen Bäumen. Die Blätter eines jungen abgeschnittenen Erlenzweiges vertrocknen in derselben Atmosphäre ungleich schneller als die Blätter eines jungen Birkenzweiges. Im Schwarzathal (Thüringer Wald) findet man die Erle am Ufer der Schwarza und ihrer Nebenbäche, mit der Fichte und Tanne gemeinsam; erstere verläßt die Niederung nicht, während die Fichte und die Tanne aufwärts steigen. Die Birke liebt dagegen einen mehr trockenen Boden, in der feuchten Niederung bleibt sie krüppelig; die Kiefer nimmt, wie schon bemerkt, mit Allem, was ihr geboten wird, vorlieb.

Um Blüthen zu entwickeln und später keimfähigen Samen zu bilden, muß der Baum eine bestimmte Kräftigkeit erlangt haben, nach der Baumart ist dies sehr verschieden; die Kiefer und die Lerche blühen häufig schon im sechszehnten Lebensjahr, die Fichte selten vor dem vierzigsten Jahre, die Tanne und die Buche bringen kaum vor dem funfzigsten Lebensjahre Früchte. Die Mehrzahl

der Waldbäume trägt nicht alle Jahr; die Buche, die Eiche und die Fichte tragen in der Regel nur alle drei bis sieben Jahr. Nach dem Standort der Bäume und nach der Bodenart ist dieser Zwischenraum ein kürzerer oder längerer; frei stehende Bäume blühen in der Regel häufiger und reichlicher als Bäume im geschlossenen Bestand, auf günstigem Boden blüht die Buche häufiger als auf schlechtem Grunde. Die Fichte und die Buche brachten im vergangenen Sommer (1852) im Thüringer Walde keinen Samen (einzeln stehende Buchen bei Schwarzburg, so wie um Wiesbaden, trugen taube Nüsse). Aus den verschiedensten Theilen Deutschlands (vom Thüringer Wald, vom Taunus, aus Franken und um Berlin) konnte ich keinen frischen Samen erhalten; das vorhergehende Jahr war für beide Bäume ein sehr gutes Samenjahr gewesen; dagegen brachte die Eiche im letzten Sommer reichlich Früchte, doch trugen am Thüringer Wald nicht alle Bäume. Die Tanne, deren aufrechte Zapfen nur auf die höchsten Gipfelzweige beschränkt sind, blüht alle Jahr, auch die Kiefer trägt in der Regel alljährlich Früchte. Nach der Beobachtung einiger Förster soll der im Samenjahr gebildete Holzring der Buche und der Fichte schwächer als die in unfruchtbaren Jahren entstandenen Holzlagen sein.

Unsere Obstbäume tragen nicht alle Jahr in gleichem Maße; durch ein reichliches Frucht- oder Samenjahr wird die Kraft eines Baumes sichtbar geschwächt, der Baum braucht Zeit, sich wieder zu erholen. Auf schwerem Boden vereinzelt stehende Buchen bringen hie und da (eine alte Buche zwischen Fichten im Katzhütter Forst, alte Buchen am Kesselberg bei Blankenburg im Thüringer Walde) alljährlich Früchte, selbige sind jedoch der Mehrzahl nach, oder wie im Herbste 1852, alle taub; der Baum hat in diesem Falle nicht die Kraft, d. h. die Nahrung, seinen Samen auszubilden. Die Tanne, nur verhältnißmäßig wenig Zapfen bringend, kann durch selbige nicht so erschöpft werden, als die Fichte, welche in einem guten Samenjahr von unten bis oben mit Zapfen behängt ist, das Höhenwachsthum der Tanne nimmt dennoch, wie es scheint,

mit der Blüthenperiode ab. Die Blüthen erscheinen bei ihr nur am Gipfel, das Gipfelwachsthum des Baumes wird wahrscheinlich durch ihr Auftreten beschränkt.

Einige Bäume lassen sich durch Stecklinge erziehen (die Weide, die Pappel, die Espe), andere müssen aus Samen gezogen werden (die Nadelhölzer, die Eiche und die Buche); erstere bilden am Stamm leicht Wurzelknospen, letztere nicht. Manche Bäume treiben Wurzelausschlag (die Espe und die Hainbuche); die Nadelhölzer machen keinen Wurzelausschlag. Die Wurzel der erstgenannten Bäume bildet leicht Stammknospen, bei den Nadelhölzern ist die Bildung der Nebenknospen sogar am Stamm sehr beschränkt. Wurzelausschlag bilden zunächst nur solche Wurzeln, welche wagerecht dicht unter der Erdoberfläche verlaufen.

Das Abwerfen der Blätter erfolgt bei den Bäumen zu verschiedener Zeit und in verschiedener Weise (S. 166). Die Kiefer behält ihre Nadeln zwei bis vier Jahre, die Tanne und Fichte acht bis zwölf Jahre. Einige Bäume werfen alljährlich bestimmte Zweige ab; bei der Eiche sind selbige als Absprünge bekannt, Th. Hartig*) hat für diese Zweige ein Gelenk nachgewiesen; für Taxodium scheint dasselbe zu gelten (S. 133). Das Abwerfen der Zweige bei den Nadel- und Laubbäumen im Allgemeinen hat dagegen einen ganz anderen Grund; die unteren Zweige und Aeste sterben ab, weil sie von der Krone beschattet werden; dies gilt namentlich für die Bäume geschlossener Bestände.

Jeder Baum hat gewissermaßen seine Lebensperioden; als die erste Lebensperiode betrachte ich den Zeitraum vom Keimen bis zur ersten Blüthenentwicklung; die zweite Lebensperiode bildet der Zeitraum vom ersten Blüthenjahr bis zur Zeit der Wachsthumsabnahme des Stammes im Allgemeinen; die dritte und letzte Lebensperiode endigt mit dem Absterben des Baumes. Scharfe Grenzen lassen sich hier eben so wenig wie in den ganz ähnlichen Lebens-

*) Th. Hartig, Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen, S. 119.

perioden des Menschen und der höheren Thiere ziehen. Die Natur liebt solche Grenzen nicht. Die erste Lebensperiode umfaßt, wie wir bereits gesehen, bei den verschiedenen Waldbäumen sehr verschiedene Zeiträume, dasselbe gilt für die beiden anderen Lebensperioden. Bäume, welche in ihrer Jugend sehr rasch wachsen, durchlaufen die erste Lebensperiode sehr schnell; so die Kiefer, die Lerche und die Birke. Die Tanne, die Fichte, die Buche und die Eiche wachsen in den ersten Lebensjahren langsam, bis zur Blüthezeit machen sie darauf sehr starke Höhentriebe. — Das Abnehmen des Wachsthums im Allgemeinen, der Eintritt in die dritte Lebensperiode, erfolgt bei den schnell wachsenden Bäumen in der Regel früher als bei den langsam wachsenden Bäumen. Die Nadelhölzer erreichen ihre Wachsthumshöhe meistens schon mit 90 bis 100 Jahren, die Buche entwickelt in der Regel erst vom 130 bis 150sten Jahre ab schwächere Jahresringe, das Dickenwachsthum der Eiche vermindert sich erst mit 150—200 Jahren. Die Dauer der letzten Lebensperiode ist noch schwankender und noch mehr von örtlichen oder zufälligen Verhältnissen abhängig als der Zeitraum der beiden anderen Perioden. Die leichten, schnell wachsenden, Holzarten sterben in der Regel früher ab; die Weide und die Pappel werden selten alt, dagegen erreicht die Linde ein sehr hohes Alter; sie ist der Baum der Liebe und der Lieder. Uralte Linden von bedeutendem Umfang (S. 124) findet man in vielen Dörfern Nord- und Mitteldeutschlands. Bei Neustadt am Kocher soll die älteste und größte deutsche Linde stehen. Von diesem Baume sagt ein altes Lied aus dem Jahre 1408*):

„Vor dem Thor eine Linde staht,
Die sieben und sechszig Säulen hat."

Der Stamm soll gegenwärtig einen Umfang von 32 Fuß besitzen, seine Krone soll sich über einen Flächenraum von 400 Fuß im Umkreis ausbreiten. Die Kiefer wird dreihundert Jahre und dar-

*) Masius, Naturstudien, S. 120.

über alt; die alten Kiefern auf dem Hain zu Rudolstadt stehen nach meiner eigenen Zählung ihrer Jahresringe 280—300 Jahre; die Holzlagen der letzten 100 Jahre sind so schmal, daß man sie nur mit der Lupe zu zählen vermag. Die alten Tannen auf dem Wurzelberg bei Katzhütte sind 300—400 Jahre alt und darüber. 300 bis 400jährige Buchen und 1000jährige Eichen sind bekannt; der Taxusbaum erreicht ein Alter von 3000 Jahren; das Alter des Baobab*) wird von Adanson auf 5000—6000 Jahre geschätzt. Auch die Thiere erreichen bekanntlich der Art nach ein sehr verschiedenes Alter. Der Papagei soll mehrere hundert Jahre alt werden**).

Der Anlage nach müßte jeder Baum, müßte jede perennirende Pflanze eine unbegrenzte Lebensdauer besitzen, auch der Mensch, wie jedes Säugethier, müßte unsterblich sein; die tägliche Erfahrung lehrt dagegen, daß Bäume, Thiere und Menschen sterblich sind. — Die Betrachtung des Lebens der Bäume zeigt uns das allmälige Abnehmen der Kräfte mit einem gewissen Altersgrade, die Funktionen des alten Säugethiers, des alten Menschen werden gleichfalls langsamer, die Kräfte schwinden; endlich erfolgt der Tod. Die Abnahme der Kräfte mit dem Alter ist beim Thier, wie bei der Pflanze, jedenfalls eine Folge wiederkehrender, durch äußere, oft unvermeidliche, Einflüsse bedingter Störungen; der Lebensprozeß wird verlangsamt, das Thier und die Pflanze überwindet die jetzt wiederkehrenden Störungen weniger leicht, die schädliche Einwirkung derselben tritt immer merklicher hervor, der Organismus unterliegt zuletzt. Der natürliche Tod ist demnach eine nothwendige Folge einer Summe bestimmter, von außen her wirkender, schädlicher, Einflüsse, durch welche allgemach der Lebensprozeß verlangsamt und zuletzt sogar aufgehoben wird. — Alte Bäume werden in der Regel „gipfeldürre," sie sterben von oben her allmälig

*) Alexander v. Humboldt, Ansichten der Natur, Bd. II. S. 112.
**) A. a. O. Bd. I. S. 284.

ab; es scheint, als ob die von der Wurzel aufgenommene Nahrung im Alter nicht mehr bis in die Gipfelzweige des Baumes gelangen könnte.

Krankheiten sind Störungen im Lebensprozeß; sie werden, sowohl im Thier- als im Pflanzenreich, durch äußere Einflüsse veranlaßt. Nur wenige Krankheiten des Thieres und der Pflanze sind so genau erforscht, so sicher auf ihre Ursachen zurückgeführt, daß wir die Mittel kennen, ihnen vorzubeugen, oder, wenn sie ausgebrochen, ihren Einfluß zu beschränken; in noch anderen Fällen fehlt uns die Macht, ihnen Einhalt zu thun.

Wie jede Baumart ihr eigenes Leben führt, so hat auch jede Baumart ihre eigene Krankheiten, d. h. dieselben allgemein schädlichen Einflüsse wirken auf den einen Baum anders als auf den andern, desgleichen sind bestimmte, nicht allgemein schädliche, Einflüsse einer bestimmten Baumart oder einem bestimmten Entwicklungszustande derselben nachtheilig. Oft ist ein Ueberfluß von Nahrung, ebenso oft Nahrungsmangel Ursache einer Krankheit; der Baum schießt in dem ersten Fall zu geil empor, im anderen wächst er kümmerlich. Die junge Lerche wird in warmen Lagen überreizt, sie wächst zu rasch, der Baum wird dafür später krüppelig. Atmosphärische Einflüsse und ein ungünstiger Standort veranlassen sicherlich eine Menge Krankheiten unserer Bäume; das Zusammentreffen einer bestimmten Entwicklungsperiode mit solchen Verhältnissen ändert verschiedentlich deren Einwirkung. — Junge Kiefern sind auf ungeschützten Pflanzbeeten häufig einer Blätterkrankheit, dem sogenannten Schütten, unterworfen; der Kiefernanflug schüttet nicht. Die Nadeln der jungen Bäume werden gelb, sie fallen ab; in der Regel erholt sich die Pflanzung. Nach Stein*) ist das sogenannte Schütten der Kiefer eine Folge eingetretener nächtlicher Temperaturerniedrigungen im Frühling. Ein nicht bedeckter Boden erkaltet durch Ausstrahlung mehr als ein mit Gras oder Unkraut bewachsener Grund; unter

*) Tharander Jahrbuch, VIII. N. F. I. S. 208.

dem Schutz älterer Bäume ist die nächtliche Ausstrahlung geringer als auf freien Lagen, der Kiefernanflug bleibt deshalb verschont.

Unschuldige Pilze sind sehr vielfach als Ursachen verschiedener Pflanzenkrankheiten verschrien, während sie in der Regel nur eine Folge der bereits ausgebrochenen Krankheit sind und sich von den abgestorbenen oder kranken Theilen der Pflanze nähren, so bei der bekannten Kartoffelkrankheit, welche entschieden durch bestimmte atmosphärische Einflüsse auf einen gewissen Entwickelungszustand der Pflanze veranlaßt wird. Dagegen scheint nach von Mohl*) die Traubenkrankheit wirklich durch einen Pilz, welcher die Oberhaut der jungen Blätter, Zweige und Früchte der Weinrebe befällt und selbige zerstört, hervorgerufen zu werden. Das Absterben derjenigen Theile, welche für Luftnahrung zu sorgen haben, muß eine Krankheit der Pflanze im Allgemeinen und deshalb ein Absterben ihrer Blätter und Früchte zur Folge haben. Auf den jugendlichen Nadeln junger Tannen, seltener auf den jungen Nadeln älterer Bäume, findet sich bisweilen ein zierlicher Pilz (Aecidium columnare). Bei der Tanne zeigt sich derselbe an der Unterseite der Nadel in den beiden parallelen Längsstreifen. Anfänglich sieht man kleine runde gelb gefärbte, unter der Oberhaut liegende Flecken, die Oberhaut wird durchbrochen, ein thurmförmiges silberweißes Häutchen erhebt sich etwa eine Linie lang; in seinem Grunde liegt eine gelb gefärbte Masse, welche aus runden Samen besteht, die in Schläuchen (asci, S. 39) gebildet werden. Das thurmförmige Gewebe, welches die Sporen umgiebt, besteht aus Zellen, den letzteren sehr ähnlich, deren Inhalt verbraucht und durch Luft ersetzt ist. Ein Geflecht sehr zarter Fäden durchzieht den unteren Theil des Blattgewebes der kranken Tannennadel, durch selbiges vermehrt sich der Pilz, immer neue Sporenlager bildend. Das beschriebene Aecidium war auf einem ziemlich frei gelegenen Pflanzenbeet junger Tannen im letzten Sommer (1852) sehr verbreitet, es schien den jungen Bäumen

*) Botanische Zeitung, 1852. Nr. 1.

gefahrbringend zu werden. Die durch Anflug im Walde selbst entstandenen jungen Tannen des Schwarzathales waren sämmtlich frei von diesem Gaste, obschon die jungen Nadeln älterer Bäume vereinzelt denselben Pilz ernährten. Die Nadeln junger Kiefern, von der Schütte befallen, zeigten gleichfalls hie und da denselben Pilz. Auf der Fichte fand ich bisweilen ein anderes Aecidium, welches keine thurmförmige Erhebungen bildet. Ob der Brand des Getreides, desgleichen die besprochenen Uebel, durch Pilzbildung hervorgerufen werden oder ob der Pilz erst eintrifft, wenn ihm durch Erkrankung der Pflanze die günstigen Bedingungen gegeben werden, ist zur Zeit noch ununterschieden *).

Der Mehlthau auf den Blättern der Pflanze ist eine Abscheidung zuckerartiger Stoffe, durch welche die Oberhaut der Blätter klebrig wird. Wenn kein starker Regen die Blätter abspült, so finden sich alsbald Schimmelpflanzen, Blattläuse und andere Thiere ein, welche sicherlich nicht den Mehlthau, wie man bisweilen angenommen, veranlassen, sondern nur durch ihn Nahrung finden. Die Schwarzerle, deren Blätter und junge Zweige schon normal eine klebrige, süßlich bitter schmeckende Flüssigkeit absondern, leidet in solchem Falle nur an einer vermehrten und vielleicht etwas veränderten Abscheidung löslicher Stoffe, bei ihr zeigt sich der Mehlthau am häufigsten; auch die Linde und der Rosenstrauch werden nicht selten durch ihn heimgesucht. Bei der Buche und der Eiche ist der Mehlthau eine seltene Erscheinung, für die Lerche, die Fichte und die Kiefer ist derselbe nicht bekannt. Kalte Nächte, welche warmen Tagen folgen, scheinen die Ursache des Mehlthaues zu sein. Der letztere ist offenbar die Folge der veränderten chemischen Thätigkeit des Blattgewebes; Stoffe, welche normal für die Zwecke des Baumes zu verwerthen sind, werden hier in löslicher Gestalt, als Zucker rc., ausgeschieden.

*) Eine sehr bedeutende Arbeit über Pilzbildungen dieser Art hat in neuester Zeit de Bary geliefert: „Untersuchungen über die Brandpilze. Berlin bei G. W. F. Müller. 1853."

Die Galläpfel und andere krankhafte Auswüchse der Blätter und Zweige sind Wucherungen des Zellgewebes, durch Insekten, welche ihre Eier in das thätige Gewebe legen, veranlaßt. Die Gestalt der Galläpfel ist an demselben Baume nach der Art des Insekts, dessen Stich die Anschwellung veranlaßte, verschieden. Die kugelförmigen Galläpfel der Eiche werden durch Gallwespen (Cynips) veranlaßt; die kleinen kegelförmigen Galläpfel an der Unterseite des Buchenblattes werden dagegen durch eine Mückenart hervorgerufen; die traubenförmigen, einer gelben Himbeere gleichenden, Anschwellungen der Spitzen des jungen Fichtentriebes entstehen durch eine Blattlaus (Chermes abietis). — Genannte Insekten bringen dem Walde nur geringen Schaden.

Schlimmere Feinde der Waldungen sind die **Borkenkäfer**, welche oft ganze Bestände verheeren. Auch die Raupen einiger Schmetterlinge, z. B. des Fichtenspinners (Bombyx pini*), des Nonnenspinners (Bombyx Monacha), desgleichen die berüchtigte Prozessionsraupe (Bombyx processionea) sind, wenn sie in Menge auftreten, dem Walde gefährlich.

Fast jede Baumart ernährt eine Menge bestimmter Thiere und Pflanzen; die Kiefer allein birgt nach **Ratzeburg** mehr als vierhundert Insektenarten. Manche derselben sind, weil sie sich von den lebenden Zellen des Baumes nähren, dem Walde schädlich; so die Borkenkäfer, welche im Verdickungsring und in den lebenden Theilen der Rinde ihr Wesen treiben, dort, wie der Bostrichus typographus auf Fichten und der B. stenographus auf Kiefern, tiefe Gänge ins frische Zellengewebe fressen und so nicht selten das Absterben der Bäume veranlassen. Die Borkenkäfer nisten am liebsten in gefällten oder in kranken Stämmen; man entfernt deshalb beide so bald als möglich aus dem Walde, oder entrindet frühzeitig die Stämme; desgleichen vertilgt man die Borkenkäfer durch sogenannte

*) Ratzeburg, die Waldverderber. Berlin, 1850. — Derselbe, die Forst-Insekten.

Fangbäume; der Käfer legt seine Brut in die Rinde derselben, man schält die Bäume und verbrennt ihre Rinde.

Einer der schlimmsten Feinde der Kiefernwälder ist der Kiefernmarkkäfer (Hylesinus piniperda), welcher auch unter dem Namen der Waldgärtner bekannt ist, weil die Krone der Bäume, auf welchen er nistet, ein ganz eigenthümliches, oft pyramidenförmig zugespitztes Ansehen erhält. Der Käfer erscheint in der Regel mehr am Saume des Waldes, weniger in der Mitte dichter Bestände; bei Neustadt-Eberswalde sieht man Kiefern von ihm in einer merkwürdigen Weise zugestutzt. Ratzeburg, welcher sich um die Erforschung des Lebens der Waldinsekten so große Verdienste erworben, hat auch den Hylesinus eifrig beobachtet; nach ihm liegt der Käfer (die Fliege) vom November bis März in der Rinde am Wurzelknoten (der Uebergangsstelle der Wurzel in den Stamm) alter Kiefern. Im April schwärmt derselbe, im Mai legt er seine Brut unter die Rinde, im Juli kommt der junge Käfer (die Fliege) hervor, im August und September bohrt sich derselbe in die Zweigspitzen des Baumes, um sich von ihrem Mark zu nähren; die Spitzen vertrocknen, die Zweige fallen ab, der Käfer gelangt mit ihnen zur Erde; später bezieht er sein Winterquartier.

Nicht minder interessant als das Leben dieses Käfers ist die Geschichte anderer, dem Walde schädlicher oder nützlicher, Thiere. Zu den letzteren gehören namentlich die Schlupfwespen (die Ichneumon-Arten), welche zum Theil als Schmarotzer auf Raupen ꝛc. leben, ferner die Ameisen-, Spinnen- und Wanzen-Arten, welche gleichfalls andere Insekten vertilgen. — Die Vögel, unter ihnen namentlich der Specht, ferner einige Säugethiere, nach Ratzeburg insbesondere der Igel, der Maulwurf, so wie die Raubthiere, sind den Bäumen des Waldes sehr nützlich. Auch das Schwarzwild (die Schweine) scharrt die Engerlinge der Maikäfer und anderer Waldverderber aus dem Boden; das Roth- und Dammwild (der Edelhirsch und der Dammhirsch) wird dagegen durch das Zerbeißen der jungen Pflanzen und das Schälen der Rinde dem

Walde mehr oder weniger schädlich; das Reh besitzt dieselben Fehler, auch der Hase ist den jungen Bäumen, namentlich im Winter, gefährlich. Das Eichhörnchen schadet dem Wald, weil es die Samen verzehrt, auch häufig die Saatbeete heimsucht; im Winter zerbeißt es nicht selten die jungen Triebe der Tannen und Fichten. Die Mäuse und Ratten sind dem Walde gleichfalls nachtheilig.

Die größte und interessanteste Schmarotzerpflanze unserer Waldungen ist die Mistel (Viscum album), welche sowohl auf Nadelhölzern als auf Laubbäumen nistet. Ich sah sie auf der Kiefer (bei Berlin), auf der Tanne (im Schwarzathal), auf dem Ahorn und auf Obstbäumen (bei Jena und um Aachen), ferner auf der Birke (bei Neustadt-Eberswalde). Die Mistel bildet große, immer grüne Büsche, sie senkt ihre Wurzel durch die Rinde bis zum Holzring des Baumes, auf welchem sie sich angesiedelt; sie nährt sich zum Theil von den Säften des Baumes, zum Theil durch ihre eigenen Blätter und ihre grüne Rinde, deshalb wächst auch ihre Wurzel unterhalb der Rinde des Baumes mit dem Ast, auf dem sie haftet; unter dem Mistelbusch entstehen, wie unter dem Hexenbesen (S. 133), knollenartige Anschwellungen. Im Rauhthal bei Jena steht ein alter Ahorn, durch die Mistel wunderbar verunstaltet; alle Aeste und Zweige sind durch Mistelbüsche, welche zum Theil längst abgestorben, mit knollenartigen Anschwellungen, rhachitischen Knochenauftreibungen vergleichbar, übersäet. Der Mistelsame wird von den Vögeln, welche die Beeren fressen, weiter verschleppt. Der Same soll erst keimfähig sein, wenn er den Magen der Vögel passirte; wahrscheinlich weil jetzt die Umhüllung der Beere fehlt und der Same an den Zweigen festklebt. Solcher Same, von mir gesäet, keimte innerhalb 4—6 Wochen. Die zuerst hervortretende Wurzel drängt sich ganz allmälig in die Rinde. Auf der Borke älterer Zweige stirbt der Keimling ab, während er auf jungen Zweigen fortwächst; auf der borkenlosen Rinde der Weißtanne findet man deshalb alte und junge Mistelpflanzen neben einander.

Niedere Pflanzen mancherlei Art ernähren sich von den

Zersetzungsprodukten des Holzes und der Rinde. In hohl gewordenen Bäumen nistet ein Heer von Pilzen, auf der Rinde hausen Flechten, Moose und Lebermoose; selbige machen den Baum nicht krank, sie sind aber häufig ein Zeichen seines kränklichen Zustandes. Die Lerche gedeiht an manchen Orten des Thüringer Waldes bis zum zwanzigsten Jahre vortrefflich, Stamm und Aeste sind von Flechten frei; derselbe Baum wird später kümmerlich, lange weiße Flechten (Usnea) hängen bartartig von allen Zweigen herab. Wo Bäume feucht und dumpfig stehen, finden sich gern Moose ein; an Bäumen mit rissiger Borke sind selbige häufiger als an Bäumen mit glatter Rinde. In der zerrissenen Rinde sammeln sich Regen und Thau, die Verwesung der Borke greift hier um so mehr Platz, es bildet sich ein für Schmarotzerpflanzen und Schmarotzerthiere günstiger Boden.

Die Rothfäule und die Weißfäule sind Zersetzungsweisen des bereits abgestorbenen Holzes. Die Rothfäule ist vielleicht nur ein späteres Stadium der sogenannten Kernfäule, d. h. des Absterbens und Faulwerdens der Stämme von innen her; die Weißfäule erscheint dagegen mehr als eine Folge äußerer Verletzungen; ihre Zersetzungsprodukte sind, wahrscheinlich schon wegen des directen Einflusses von Licht und Atmosphäre, etwas anderer Art als bei der Rothfäule. Pilzwucherungen begleiten, wie fast überall, auch diese Art der Fäulniß. Th. Hartig hat die hier erscheinenden Pilze Nachtfaserpilze (Nyctomyces) genannt; bei der Rothfäule der Eiche findet sich der N. fuscus, bei der Weißfäule der N. candidus. N. utilis, an der Buche vorkommend, liefert einen besonders schönen Zunder*).

Eine sorgsame Forstpflege beachtet alle Lebenserscheinungen der Bäume überhaupt, wie der einzelnen Baumarten insbesondere; sie bringt den Baum in seine möglichst natürlichen Verhältnisse,

*) Th. Hartig, Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen, Seite 134 und Seite 211.

d. h. auf einen angemessenen Boden, auf eine angemessene Lage in Bezug auf die Höhe, das Klima und die Feuchtigkeit und in ein angemessenes Verhältniß unter sich oder zu anderen Bäumen. Das Studium der Bäume ist unstreitig eine Hauptaufgabe der Forstwissenschaft. Um den Wald mit Vortheil zu bewirthschaften, muß man das Leben eines jeden Baumes aufs Genaueste kennen.

X.

Der Wald und sein Leben.

Alle gesellig lebenden Pflanzen geben, wenn sie über größere Flächen verbreitet auftreten, der Gegend einen besonderen Ausdruck. Das Auftreten bestimmter Pflanzen ist aber, wie wir im vorigen Abschnitt gesehen, mehr oder weniger an gewisse Boden=, Klima= und Lagen=verhältnisse geknüpft. Genannte Verhältnisse bedingen schon für sich allein den Hauptcharakter einer Gegend, die Pflanzendecke auf dem Boden giebt ihm nur eine andere Färbung. Ein ausgedehntes Flachland macht einen ganz anderen Eindruck, als eine von engen Thälern durchschnittene Gebirgsgegend; über dem ersteren schweift das Auge in weiter Ferne dahin, es findet keinen Ruhepunkt, keine Abwechselung, während von der Höhe des Berges der Blick über Thal und Hügel streift, oder in der engen Schlucht durch steile Bergeswände beschränkt wird.

Wie das Flachland selbst einförmig, so bietet auch seine Pflanzen=decke wenig Abwechselung. In der Nähe der Flüsse findet man grüne Wiesen, sonst Ackerland, Kornfelder, düsteren Moorgrund, Heide=flächen oder nakten Sand. Auf feuchtem Grunde stehen Weiden und Erlen, hohe Pappeln begleiten die Kunststraßen, auf der Heide (eine unfruchtbare Fläche mit Heidekraut bedeckt) treten Birken= und Kiefernwaldungen, aber selten in großer Ausdehnung, hervor; das Auge erfreut sich schon an dieser kleinen Abwechselung. Ueberall erblickt man in der Ebene die Hand des Menschen, die Pappeln der

Kunststraßen, die Weiden und Erlen der feuchten Niederungen, ja sogar die Kiefern der Heide sind von ihm gepflanzt, der Acker wird von ihm bestellt, die Wiese von ihm gemähet; seine Städte und Dörfer, mit ihren rothen Ziegel- oder grauen Schindeldächern, von Obstbäumen umgürtet, treten hier und da hervor, seine Eisenbahnen durchschneiden die Ebene. Wer Nord- und Mitteldeutschland viel durchreiste, wird solches Flachland zur Genüge kennen.

Aber der Boden erhebt sich, es treten Hügel, es treten gar Berge hervor. Für Ackerland und Wiese bleibt das Thal von Flüssen und Bächen durchschnitten. Durch sie bewässert grünen die Wiesen, prangt das Kornfeld in üppiger Fülle. Nur bis zu einer gewissen Höhe tritt das Ackerland am sanft sich erhebenden Berge hinauf, dessen Gipfel dichter Wald umhüllt. Das an den Seiten schroff abfallende, eine Hochebene bildende, Muschelkalkgebirge ist an seinen Hängen meistens nackt und kahl; von der Abendsonne beleuchtet strahlt es oftmals in rother Gluth. Jeder Sturzregen führt die löslichen Nahrungsstoffe des lockeren Bodens mit den Pflanzen, die sich spärlich angesiedelt, von den steilen Hängen hinweg, während seine Hochebene Ackerland und schöne Waldungen bedecken.

Mehr und mehr erhebt sich das Gebirge, Thonschiefer und Grauwake treten auf. Das dunkele, rissig-schuppige Gestein bildet steile, überhängende Felsenwände, aus deren Spalten Birken- und Eichenniederwald hervorsproßt, während da, wo das Gestein schon mehr verwittert ist, prächtige Tannen und Fichten als dichter Hochwald emporwachsen. Auch die Buche liebt solchen Stand, sie erscheint sowohl, mit den letztgenannten Bäumen vereint, im gemischten, als auch für sich im reinen Bestand. Die Eiche, mehr einem fruchtbaren Hügellande zugethan, tritt auf solchem Boden nur versprengt hervor. Ein reißender Bergstrom stürzt über Felsen herab, sein weißer Schaum zerstäubt an den zerstreuten Blöcken; duftiger Nebel hängt Morgens in dem engen Thal. Die Sonne kommt, der Nebel schwindet, der Schaum des Wassers blitzt, das Laub der Bäume glänzt, es glänzt das Gestein der Felswand, beleuchtet von

den Sonnenstrahlen. Im stillen Thal, vom Bach durchrauscht, erscheint die waldumgrenzte Wiese, mit gelb und rothen Blumen mancher Art geziert, friedlich äßt auf ihr das Wild, gleich den Kühen auf der Wiese des Flachlandes. Von der Art des Holzhauers, deren Schlag den Wald durchschallt, stürzt der Baum; rother Fingerhut sproßt da empor, wo ehemals Bäume standen.

Granite und Porphyre in maßigen, wunderbaren Gestalten, hohe Berge, oder einzeln emporstrebende zackige Felsen bildend, durchbrechen an anderen Orten das geschichtete Gestein. An ihren scharf abfallenden kahlen Hängen, kaum von Moos oder Flechten bedeckt, drängt sich aus tiefen Rissen nur hier und da Gestrüpp hervor; wo sich die Massen wagerecht ebenen, gedeiht auch hier der schönste Wald. Wilde Bäche stürzen tosend über die Felsen hinab.

Das Gebirge erhebt sich noch mehr, die Vegetation wird kümmerlich; rauhen kalten Winden preisgegeben gedeiht kaum noch die Fichte und die Kiefer, dagegen kriecht das Knieholz als krüppeliger Strauch zwischen umherliegende Felsblöcke. Von des Berges Kamm schweift der Blick nach allen Seiten, wellenförmig liegt das Gebirge zu des Beschauers Füßen, mit dunkelgrünem Nadelwald oder lichtgrünem Laubwald bekleidet; allmälig verläuft er zur Ebene, ein großer Strom durchschneidet als silberne Schlange das grüne Wiesenland; zerstreute Städte und Dörfer, Schlösser und verfallene Burgen, der Gesichtskreis von blauen Bergen umsäumt.

Während in der Ebene überall die Hand des Menschen sichtbar ist, die Natur hier oft gezwungen seinen Zwecken dient, lebt sie im Gebirge mehr ihrer Freiheit.

Auf den Bergen ist Freiheit!
Der Hauch der Grüfte
Steigt nicht hinauf in die reinen Lüfte.

(Schiller).

Die regelmäßigen, den Feldern eines Schachbrettes vergleichbaren, Ackergrenzen fehlen, oder treten mit dem unregelmäßigen Waldsaume und den zackigen Gebirgsformen in freundlichen Kon-

trast, während sie in der Ebene, ohne Abwechselung, das Auge ermüden. Unsere Wälder sind zwar zum größten Theil von Menschenhand gepflanzt, sie werden von ihr geschlagen und neu erzogen; die Umtriebszeit des Niederwaldes ist zwölf bis zwanzig, die Umtriebszeit des Hochwaldes hundert Jahre und viel darüber, während auf dem Acker alljährlich gesäet, alljährlich geerntet wird. Der Wald erhält uns deshalb manche kraut- und strauchartige Pflanze, welche der sorgsame Landmann auf seinen Feldern als Unkraut vertilgt. Das Gebirge mittlerer Höhe ist die eigentliche Heimath unserer Wälder.

Wer Thüringens Waldgebirge mit seinen lieblichen, oft romantisch wilden Thälern kennt, der wird mir gern zu seinen dunkelen Tannen, unter seine hohen Fichten, und in die Hallen seiner Buchen folgen, der wird mich gern zum Wurzelberg begleiten, mit mir dessen Riesenbäume, Denkmäler grauer Vorzeit, bewundern und mir nicht zürnen, daß ich eine Gegend liebgewonnen, welche die Natur so reich bedachte.

„Wie wandert sich's durch einen Wald so traut,
Wenn nur die Wipfel noch von Sonne wissen,
Nur noch zuweilen eines Vogels Laut
Verhallt in ahnungsvollen Finsternissen.
Das Auge kann kein Thier des Wald's erkunden,
Ein Eichhorn nur erblickt ich in den Zweigen,
Es kam behend und still und ist verschwunden,
Die Einsamkeit des Waldes uns zu zeigen
Und doch hier lebt des Lebens welche Fülle!
Ein stummes Räthsel, das sich nie verrathen,
Die Pflanze ist sein Bild und seine Hülle,
Und allwärts grünen seine stillen Thaten.
Die Wurzel holt aus selbstgegrabenen Schachten
Das Maas des Stamms und treibt es himmelwärts.
Ein rastlos Drängen, Schaffen, Schwellen, Trachten
In allen Adern; doch wo bleibt das Herz?"

(Lenau.)

Die Wiese und das Getreidefeld bestehen aus gesellig lebenden Gräsern; der Wald entsteht durch gesellig lebende Holzpflanzen. Den Niederwald bilden strauchartige Gewächse, den Mittelwald Sträucher und Bäume, der Hochwald besteht aus stämmigen Bäumen, unter seinem Schatten gedeiht kein Gestrüpp, kein sogenanntes Unterholz.

Der Niederwald, welcher niemals, wie schon sein Name sagt, aus hohen Bäumen besteht, wird entweder als reiner oder gemischter Bestand gezogen, er dient nach der Baumesart zur Gewinnung von Busch- und Stangenholz, auch zur Gewinnung der Rinde, er hat eine zehn- bis zwanzigjährige Umtriebszeit. Man wählt für ihn zunächst solche Holzarten, welche Stock- oder Wurzelausschlag bilden; man läßt die Stöcke oder die Wurzeln beim Abtreiben im Boden, aus ihnen sproßt ein neuer Niederwald hervor. Zur Anlegung eines Niederwaldes wählt man, nach der Boden- und übrigen Ortsbeschaffenheit, entsprechende Baumarten; die Nadelhölzer, welche weder Stock- noch Wurzelausschlag machen, können nicht wohl als Niederwald betrieben werden; das Kiefernstangenholz ist kein eigentlicher Niederwald, es entspricht mehr einem jungen Bestand, einer sogenannten Schonung. Zum Stockausschlag eignen sich die Birke, die Eiche, der Haselstrauch und die Schwarzerle; genannte Bäume bringen nur schwierig Wurzelbrut, man schlägt das Holz deshalb etwa einen halben Fuß über der Erde. Die Espe, die Ulme, die Linde, die Heinbuche und der Ahorn bringen dagegen leicht und reichlich Wurzelausschlag. Die Espe treibt aus allen jungen Wurzeln, unter günstigen Verhältnissen, Stammknospen, welche sich zum Niederwald, aber auch zu kräftigen Bäumen erziehen lassen. Die Weide liefert ebensowohl Stock- als Wurzelausschlag; durch Stockausschlag erzieht man das Bandholz der Böttcher. Die jüngeren, noch recht saftigen Wurzeln letztgenannter Bäume geben im Allgemeinen einen kräftigeren Wurzelausschlag als die älteren Wurzeln mit stark verholzter Rinde.

Bei der Espe rodet man deshalb nach Pfeil*) die Stöcke mit den älteren Wurzeln aus dem Boden und überläßt die jungen Wurzeln ihrem Schicksal; aus ihnen erheben sich neue kräftige Stämme. An Orten, wo man seit Jahr und Tag keine Espe mehr gesehen, zeigt sich häufig, wenn der Wald gelichtet wird, auf den Schlägen Wurzelausschlag des genannten Baumes. — Die Buche habe ich niemals als Niederwald gesehen.

Die Hainbuche, die Birke, die Haselnuß und die Eiche bedecken als Niederwald vielfach die steinigen, nur mit einer schwachen Bodendecke versehenen Bergabhänge. Ihr frisches Grün im Frühjahr mit dem Gelb blühender Ginsterbüsche (Spartium serparium) untermischt, schmückt die zackigen Felsen des romantischen Schwarzathals; wo das Buschholz lichter steht, gedeiht der Brombeerstrauch in üppiger Fülle. Die jungen Eichen des Niederwalds werden, wenn sie eine genügende Größe erreicht haben, im Frühjahr geschält, die entrindeten Stämme stehen häufig bis zum Herbst; aus ihrem unteren, nicht entrindeten Stammtheil sprossen neue Zweige. Der Niederwald verbessert durch seine im Herbst abfallenden Blätter den Boden, er bildet oftmals ein fast undurchdringliches Buschwerk. Ein alter Eichenstock entsendet häufig zahlreiche Aeste, deren einer, wenn die anderen entfernt werden, so daß derselbe allein die Bodennahrung des Stockes empfängt, sehr wohl zum kräftigen Baum gedeihen kann.

Der Mittelwald ohne bestimmte Betriebszeit besteht in der Regel aus Bäumen verschiedener Art; man schlägt die größeren Bäume, welche die kleineren zu sehr beschatten, nach und nach heraus und läßt die jüngeren Bäume nachwachsen. Der Mittelwald erzeugt im Allgemeinen mehr schwaches Holz, er ist deshalb nach Pfeil**) sehr wohl für kleinere Grundbesitzer, aber nicht für größere Staatswaldungen vortheilhaft. Der Mittelwald eignet sich,

*) Pfeil, kritische Blätter, Bd. XX. Heft I. S. 225.
**) Ebendas. S. 116.

nach letzterem, namentlich für solche Verhältnisse, wo die Tiefe des Bodens zur Erziehung des Hochwaldes nicht ausreicht, oder wo man befürchten muß, beim vollständigen Abtreiben (Fällen, Abholzen, Schlagen) des letzteren keinen Wald von neuem erziehen zu können. Der Mittelwald giebt, da nur einzelne Bäume geschlagen oder Strauchholz gewonnen wird, niemals nackte Flächen; er liefert dem Privatbesitzer alljährlich seinen Holzbedarf, während der Hochwald demselben nur alle 80 oder 120 Jahre nutzbar wird. Im Mittelwald erzieht man etwa dieselben Bäume, welche im Niederwald gedeihen; er wird in der Regel nicht nachgepflanzt, sondern größtentheils durch Stockausschlag und Selbstbesamung erhalten. Aus dem Mittelwald kann man unter Umständen einen Hochwald erziehen; das Unterholz (die jüngeren, niedrigen Bäume und das Gestrüpp) stirbt in der Regel ab, sobald die höheren Bäume, nach der Forstsprache die Oberständer, sie zu sehr beschatten. Die Birke, welche viel Licht verlangt, gedeiht bei uns sehr schlecht als Unterholz. Ein lichter Mittelwald ist reich an kleineren Waldpflanzen; Erdbeeren, Himbeeren und Heidelbeeren, desgleichen Blumen aller Art gedeihen zwischen seinen Bäumen; dicht gestellt trägt sein feuchter Boden in der Regel nur Moos und grasartige Pflanzen.

Den Hochwald oder den eigentlichen Wald bilden Bäume von bedeutender Stammhöhe. Man unterscheidet zwischen einem lichten und einem geschlossenen, zwischen einem reinen und einem gemischten Bestand. Ein lichter Hochwald gleicht schon mehr dem Mittelwald, da unter seinen hohen, weit gestellten Bäumen jederzeit Unterholz gedeiht, während im dicht geschlossenen Bestand nur Bäume von beinahe gleicher Höhe vorkommen, weil alle kleineren Stämme, aus Lichtmangel, verkümmern (unterdrückt werden). Im dicht geschlossenen Bestand giebt es keine Sträucher, keine Blumen; nur am Saume solches Waldes gedeiht die Erdbeere, die Himbeere, die Brombeere u. s. w. Um mit Vortheil einen gemischten Hochwald zu erziehen, wählt man Bäume, die mit einander im Wachsthum gleichen Schritt halten, oder solche, die selbst etwas beschattet ge-

deihen können. Die Buche gedeiht mit der Tanne sehr gut, wenn auch die letztere sie in der Höhe stark überflügelt. Tannen und Fichten wachsen vortrefflich mit einander; die Birke und die Kiefer verkümmern dagegen, sobald andere Bäume sie beschatten. Im geschlossenen Bestand zieht ein Baum den anderen gewissermaßen mit in die Höhe; die Hainbuche, welche im freien Wuchse hinter der Buche zurückbleibt, erreicht, mit der letzteren eng geschlossen, dieselbe Stammhöhe. Die Buche erhält die Höhe und den säulenförmigen Stamm der Tanne und der Fichte, wenn sie mit letzteren eng geschlossen wächst. Die Betriebszeit des Hochwaldes ist nach der Baumart und nach dem Gedeihen des Waldes selbst verschieden, sie schwankt zwischen 80 und 150 Jahre.

Die reinen Bestände scheinen mehr oder weniger durch den Forstbetrieb erzwungen zu sein; wo wir, wie in Deutschland freilich selten, Waldungen sehen, welche nicht gesäet und wenig oder gar nicht durchforstet wurden, da finden wir immer Laub- und Nadelholz bei einander. In neuerer Zeit hat man versucht, den Betrieb des gemischten Bestandes wieder mehr heranzubilden. Im Leutenberger Forstrevier (Schwarzburg-Rudolstadt) sah ich einen jungen gemischten Tannen- und Buchenbestand, welcher ein herrliches Gedeihen verspricht.

Kiefern (Pinus sylvestris) seltener Art im reinen Bestand stehen auf dem Hain bei Rudolstadt. Die Bäume sind nach genauen Zählungen ihrer Jahresringe, deren ich selbst einige vorgenommen, mindestens 280 bis 300 Jahr alt. Nach einer brieflichen Mittheilung des Landjägermeister v. Holleben sind hier vor einigen Jahren Stämme geschlagen, welche bei einer Höhe von etwa 150 Fuß, in der Brusthöhe einen Durchmesser von 3½ Fuß besaßen. Die Bäume stehen ziemlich weit von einander, ihr Stamm ist bis zu einer Höhe von etwa 80 Fuß astrein, die ziemlich breite Krone gleicht einer flachen Kuppel. Die Borkenschuppen des Stammes, hellrothbraun gefärbt, zeigen den Charakter der Kiefernborke in ausgezeichnet schöner Weise. Diese herrlichen, für Deutschland seltenen, Bäume haben, wie ein Durchschnitt ihres Stammes zeigt,

etwa bis zum 80sten Jahre nur sehr schmale Holzlagen gebildet, plötzlich werden die Jahresringe breit und nehmen dann allmälig wieder ab. Die Holzlagen der letzten 100 Jahre sind fast noch schmäler als die Holzringe der ersten 80 Jahre; und deshalb nur mit Hülfe der Lupe auf glatt gehobelter Fläche zählbar. Wahrscheinlich ist der anfangs dichter geschlossene Bestand im 80sten Jahre der Bäume leichter gestellt. Gefällte Stämme zeigen häufig in der Brusthöhe vernarbte, um dieselbe Zeit erfahrene, vollständig überwallte Wunden, welche höchst wahrscheinlich von einem Axthieb herrühren. Die Bäume sind noch jetzt zum größten Theil gesund, obschon sie kaum noch, weder in der Dicke noch in der Höhe, zunehmen. Unter ihnen stehen kümmerlich junge Eichen, der Boden ist mit Heidelbeeren dicht bedeckt. Alljährlich wird eine Anzahl dieser mächtigen Stämme geschlagen; sie werden nach einer Reihe von Jahren auch hier verschwunden sein. Zum Theil gipfeldürre und wie wir gesehen, mit sehr schwachem Nachwuchs, kann man der Schwarzburgischen Forstverwaltung nur danken, daß selbige diese Urväter der jüngeren Kieferwaldungen mit so großer Schonung behandelt.

Reine Tannenbestände (Abies pectinata) von besonderer Schönheit findet man um Schwarzburg, z. B. am Fahrwege nach dem Trippstein u. s. w. Die Bäume etwa 100 bis 130 Jahr alt, streben, gleich den Masten vieler Schiffe, neben einander im ziemlich dichten Schluß empor. Ihre weiße glatte Rinde zeigt kaum einen Moosanflug, der Stamm ist bis zu einer beträchtlichen Höhe astrein, die wagerechten, sich weit ausbreitenden Aeste bilden eine kuppelförmige Krone. Fichten und Tannen untereinander zeigt das Schwarzathal in großer Menge und von schönem Wuchs. Die Tanne ist der Fürst der deutschen Nadelbäume, sie ist das Bild der Kraft, kein anderer Baum unseres Vaterlandes kommt ihr an Höhe und an Stärke gleich.

Im Forstrevier Katzhütte (Fürstenthum Schwarzburg-Rudolstadt) sah ich sehr schöne reine Fichtenbestände (Picea vulgaris Link). Die Bäume 100 bis 150 Jahr alt, von mächtiger Höhe

und starkem Stammdurchmesser besitzen eine kegelförmige spitzulaufende Krone, ihre herabhängenden Aeste und Zweige gehen ungleich weiter als bei der älteren Tanne am Stamme herab; die Fichte beschattet ihre tiefer liegenden Aeste und Zweige nicht in dem Maße als die letztere, ihre unteren Zweige erhalten sich deshalb länger.

Die Königsfichte im Forstrevier Nesselgrund (Schlesien), über welche uns Ratzeburg interessante Mittheilungen gegeben, (wahrscheinlich die älteste Fichte deutscher Waldungen); stand in der Mitte eines jüngeren Fichtenbestandes, welchen sie hoch überragte; ihre Höhe betrug nach Ratzeburg*) (mit einem Winkelinstrument gemessen) 156 rheinländische Fuß, ihr Stamm maß (1/2 Fuß über der Erde gemessen) 22 Fuß 2 Zoll, 4 Fuß über der Erde dagegen 13 Fuß 6 Zoll im Umfang. Der Stamm stieg, sich allmälig verjüngend, schlank und gerade empor, er war bis zu einer Höhe von etwa 40 Fuß astrein. Der ungefähren Berechnung nach müßte dieser Stamm etwa 11 Klafter (zu 72 Cubikfuß) Holz enthalten, die nicht sehr starken Aeste würden nach Ratzeburg etwa noch 2 Klafter Holz liefern; die Königsfichte würde demnach, mit Ausschluß des Stockes, etwa 13 Klafter enthalten. Für die Tanne sind Stämme mit doppelt so großem Holzgehalt bekannt.

Die älteren Lerchenbestände (Larix europaea) um Schwarzburg sind krüppelig, lange weiße Bartflechten (Usnea) hängen von allen Zweigen herab, die Stämme selbst sind häufig säbelförmig gekrümmt und von geringer Stärke. Bis zum 20 bis 25sten Jahr gedeiht die Lerche im Schwarzathal vortrefflich, Stamm und Aeste sind bis dahin frei von Moos und Flechten, der Baum wächst, viele Zweige bildend, schlank empor; er scheint hier außer Kraft zu wachsen, später bleibt er deshalb krüppelig. In höheren, kälteren Gebirgsgegenden wird die Lerche zum hohen kräftigen Baume.

Das Knieholz (Pinus Pumilio) erscheint, Bestände bildend, nur auf den höheren kälteren Theilen der Gebirge. Am Thüringer

---

*) Ratzeburg, Forstnaturwissenschaftliche Reisen, S. 287.

Wald sieht man dasselbe nur auf der Spitze des Inselberges, es bildet dort 5—8 Fuß hohe Büsche von gebogen kriechendem Wuchs; der Stamm ist bis zur Wurzel herab beastet. Das Knieholz tritt in der Regel erst da auf, wo die anderen Nadelhölzer nicht mehr fortkommen; ein 100jähriger Stamm ist meistens nur wenige Zoll stark, das Holz ist um so fester.

Der Eibenbaum (Taxus baccata) findet sich im Thüringer Walde nur versprengt und zwar in der Regel dicht versteckt unter Tannen und Fichten; er ist eine Schattenpflanze, sein Stamm erreicht niemals eine bedeutende Höhe, dagegen ein ungeheueres Alter. Vormals muß der Eibenbaum eine ungleich stärkere Verbreitung gehabt haben; am Harz findet man ihn einzeln noch gesellig.

Der Wachholder (Juniperus communis); als kriechendes Gebüsch in allen Gebirgswäldern sehr verbreitet, bildet hier und da, unter günstigen Verhältnissen, schlanke gerade Stämme von 15—20 Fuß Höhe; er gleicht alsdann der jungen Lerche, doch hat seine Krone einen viel geringeren Umfang.

Mit Ausnahme der Lerche behält unser Nadelwald auch im Winter sein grünes Gewand, seine Nadeln färben sich im Herbste dunkeler, der Schnee hält sich auf seinen Zweigen, namentlich bei der Tanne und der Fichte; beide Bäume leiden deshalb vom Schneebruch. Beim Laubwald, der im Winter blattlos steht, kann der Schnee die kahlen Zweige nicht stark belasten.

Sehr schöne alte Buchen (Fagus sylvatica), im dichten Bestand, hinter dem Schlosse zu Schwarzburg gleichen riesigen, schlanken Säulen. Der Stamm, bis zu einer Höhe von 50—60 Fuß astrein, ist entweder einfach oder in mehrere, starke, gleichfalls aufstrebende, Aeste getheilt, dann erst bildet sich die Krone bogenartig aus, man glaubt unter gothischen Hallen zu wandeln; ein dichtes Laubdach beschattet den Grund. Der Boden ist feucht, dicke Moospolster überdecken die dunkle fruchtbare Baumerde, fußhoch liegt das dürre, halb verfaulte, Laub in den Niederungen. Die glatte weiße Rinde zeigt, wie bei der Tanne, kaum einen leichten Moos-

und Flechtenanflug. Noch stärkere Buchen, aber von geringerer Stammhöhe findet man auf der Abendseite des Schloßberges. Während in dem vorhin erwähnten dicht geschlossenen Bestande die Aeste fast gerade in die Höhe streben, um zum Lichte zu gelangen, breiten sie sich hier, von anderen Bäumen nicht beschattet, wie lange Arme wagerecht aus, ihre Kronen überdachen eine weite Fläche. Kuppelförmig überwallte Aststümpfe zeigt hier fast jeder Baum in besonderer Schönheit und Auswahl. Drehbuchen (S. 139) findet man an der Straße von Schwarzburg nach Sitzendorf. Auch bei Leutenberg und um Eisenach sah ich schöne Buchenbestände.

Die Eiche (Quercus pedunculata und sessiliflora) bildet im Thüringer Wald keine reinen Bestände, dagen findet man sie zwischen Buchen, seltener zwischen Nadelholz versprengt. Sie eignet sich, wegen ihrer, von mancherlei Zufälligkeiten abhängigen, so sehr verschiedenen, Lebensdauer nicht wohl für die Zucht in einem geschlossenen Bestand; es würden zu oft, durch das Absterben einzelner Stämme, Lücken entstehen, in welchen bekanntlich schwer junge Bäume nachzuziehen sind. Die Küsten Schleswigs sind mit schönen Eichenwaldungen bedeckt. Plinius sagt von den Waldungen Deutschlands*) „In diesem Walde übersteigt die unermeßliche Größe der Eichen, an die nimmer die Axt gelegt ward, die mit dem Anfang der Welt entstanden, denen das Loos, möchte ich sagen, der Unsterblichkeit gefallen ist, allen Wunderglauben. Ich will Manches übergehen, was kaum Glauben finden würde; aber sicher ist, daß die Wurzeln, wo sie sich begegnen, das Erdreich zu Hügeln auftreiben, daß da, wo das Erdreich nicht nachgab, die Wurzeln hohe Berge bilden, die bis zu den in einander verwachsenen Aesten emporsteigen, so daß förmliche Thore entstehen, durch welche ganze Schwadronen reiten können.“ Unter den Thieren dieser Wälder wird namentlich des Elenns, des Auerochsen und des Wisents gedacht. Das Lied der Niebelungen erwähnt gleichfalls dieser Thiere, welche

*) C. C. Schmid. Deutschlands Geschichte vor der Geschichte.

mit den großen Eichen aus unseren Wäldern längst verschwunden sind.

Reine Birkenwaldungen findet man in der Ukermark, noch schöner jedoch in Rußland*); bei uns gedeiht die Birke im geschlossenen Bestande nicht, sie verlangt, wie schon die Art ihrer Belaubung zeigt, viel Licht; freistehend wird sie zu einem hohen kräftigen Baum, dessen schneeweiße Rinde von schwarzen Rissen durchfurcht sie vor allen anderen Bäumen auszeichnet.

Ich sah in bleicher Silbertracht
Die Birkenstämme prangen,
Als wäre dran in heller Nacht
Das Mondlicht blieben hangen.
(Lenau.)

Die Ulme, der Ahorn, die Vogelkirsche, die Espe und die Linde erscheinen, gleich vielen anderen Bäumen, in der Regel nur zwischen anderen Holzarten, selten für sich im reinen Bestande. Die Erle und die meisten Weidenarten bleiben nur in der feuchten Niederung. Am Ufer der Schwarza und ihrer Seitenbäche findet man Bäume der mannichfachsten Art beisammen; an den Berghängen sondern sich die Arten nach ihrer Lebensweise von einander.

Nach der Lage und nach dem Grad der Feuchtigkeit, sowie nach dem weiteren oder engeren Stand der Bäume selbst ist die Bodendecke unter den letzteren, unabhängig von ihrer ursprünglichen Beschaffenheit, im Walde von sehr verschiedener Güte. Während in dem einen Falle dicke feuchte Moospolster den Grund bekleiden, ist der Boden im anderen Falle dürre und kahl, im dritten mit Laubschichten bedeckt. Auch die Baumart ist hier von großem Einfluß; alle Bäume, die sich stark beschatten, erhalten dem Boden, auf welchen die Sonnenstrahlen nicht direkt einwirken können, seine Feuchtigkeit; Bäume mit einer lichteren Belaubung, z. B. die Birke und die Kiefer, beschatten dagegen den Boden nur wenig, derselbe

---

*) Blasius. Reise ins Innere von Rußland.

verliert seine Feuchtigkeit. Während man unter der Tanne, der Fichte, der Buche und der Eiche einen feuchten Grund und schöne Humuserde antrifft, findet man unter der Kiefer und der Birke meistens nur einen trockenen, mit Kiefernadeln oder dürren Birkenblättern, bedeckten Obergrund. Die Schattenbäume verbessern den Boden, weil sie ihm die Feuchtigkeit erhalten, und durch dieselbe den Verwesungsprozeß der in ihm vorhandenen Organismen befördern, ihr Laub und ihre Nadeln düngen den Boden; die Moosdecke, unter ihrem Schatten entstanden, hält die Feuchtigkeit noch mehr zurück; das Moos stirbt von unten her ab, während es von oben her fortwächst; die Humusdecke des Waldes vermehrt sich von Jahr zu Jahr. Die Moos- und die Laubdecke muß dem Walde erhalten werden, sie giebt seinen Bäumen Nahrung.

Die Spitze des Wurzelberges, einer der höchsten Punkte des Thüringer Waldes, 2600 Pariser Fuß über dem Meere, ist von einer Waldung bekleidet, wie man selbige in Deutschland wohl nicht wiederfindet; es ist der Ueberrest eines uralten Waldes, der nicht gepflanzt und wenig durchforstet ward, in welchem die Bäume gewachsen, wie die Natur sie selbst geschaffen; es ist der wildeste und üppigste gemischte Bestand, aus Tannen, Fichten und Buchen zusammengesetzt, den ich jemals gesehen.

Am 6. August vorigen Jahres (1852) besuchte ich den Wurzelberg in Begleitung des Forstgeometer Berninger, welcher mir, gleich dem Förster Lipmann zu Katzhütte, über die näheren Verhältnisse der dortigen Waldungen die bereitwilligste Auskunft ertheilte. Der Wurzelberg überragt die benachbarten Berge nur wenig, der ihm sehr nahe gelegene Farmdenkopf ist sogar noch einige Fuß höher; die Formation gehört den silurischen Bildungen der Grauwacke, am Wurzelberge bricht ein vorzüglich schöner Wetzschiefer. Von Katzhütte führen mehrere Wege hinauf, doch bedarf man eines kundigen Führers. Der Weg erhebt sich ganz allmälig; durch schöne Fichtenwaldungen gelangt man unvermerkt, in einigen Stunden, bis zur Höhe, von der schon fernher alte, hochüberragende, Tannen winken.

Auf der Höhe des Wurzelberges liegt ein fürstliches Jagdhaus von Küchen- und Stallgebäuden umgeben, welches etwa um das Jahr 1740 erbaut und bis zum Jahre 1788 zur Brunstzeit (vom 1. bis 10. Oktober) vom schwarzburgischen Hofe besucht ward. Im inneren Raume des hohen hölzernen, achteckigen, Gebäudes, welches von acht Seitengemächern umgeben ist, hängen die Gedenktafeln der Zusammenkünfte; die erste Tafel vom Jahre 1740, die letzte vom Jahre 1788. Eine Windrose unter der Decke, mit dem Wetterhahn auf dem Dache verbunden, zeigte den um einen hufeisenförmigen Tisch versammelten Herren, die für die Jagd so wichtige Windesrichtung; prächtige Geweihe zierten vormals die hohen Wände des schmucklosen Gebäudes, das jetzt verlassen dasteht; das ehemalige Küchengebäude, gegenwärtig von einem Holzhauer bewohnt, dient jetzt zur Darre für Fichtenzapfen.

Ist schon das Jagdhaus des Wurzelberges ein Denkmal vergangener Zeit, so reden die alten Tannen seiner Umgebung noch mehr von der Vergangenheit; sie sind die Ueberreste eines Waldes, der den Berg vormals bedeckte. Dieser Hochwald, nicht gepflanzt und nicht gehegt, muß zunächst aus Tannen und Buchen bestanden haben; die Tanne hat, wie überall wo sie gedeihen kann, das Uebergewicht erhalten, unter ihrem Schutze hält sich die Buche, welche für sich auf solcher Höhe selten angetroffen wird. 80 bis 100 der alten ursprünglichen Tannen mögen noch jetzt in Gruppen oder vereinzelt den Wald hoch überragen, ihre mächtigen Stämme können von drei Männern nicht umspannt werden. Der bis zur Höhe von mehr als 100 Fuß astlose Stamm breitet wie die Fittige eines fliegenden Vogels kuppelförmig seine Krone aus, seine weiße, zerrissene Rinde ist spärlich mit Moos oder Flechten bedeckt, während von den Aesten benachbarter Fichten, die wie Zwerge unter diesen Riesen stehen, Moospolster in fußlangen Lappen herunterhängen.

Auf dem mit fruchtbarer Walderde bedeckten Boden gedeihen die Walderdbeeren in einer ungewöhnlichen Größe und Ueppigkeit,

Himbeersträuche und Heidelbeeren bedecken den Grund, hohe Moos-hügel überziehen die Stöcke vor grauer Zeit geschlagener Bäume; hier und da faulen, ebenfalls von dickem Moos bedeckt, lange Säulen 5 — 6 Fuß dicker Stämme, so morsch, daß ein Fußtritt ihr Zusammenfallen bewirkt. Diese Trümmer vormaliger Riesenbäume, Zeugen einer Zeit, wo das Holz noch sehr geringen Werth besaß, die Forstpflege gänzlich vernachlässigt ward, sind mit jungem Fichtenanflug überdeckt. Auf allen Tannenstöcken, auf allen liegenden Stämmen, keimt die Fichte. Wenn der Stock, dessen Verwesungsprodukte die Keimung des Fichtensamens eingeleitet, nach langen Jahren unter seinem Gast verfaulte, so stehen die Wurzeln der Fichte hohl, ihr Stamm ruht auf einem Unterbau säulenartiger Wurzeln, der Baum gleicht einem Pandanus tropischer Küsten*). Die Menge der am Boden liegenden vermodernden Stämme, sowie der auf ihnen reitenden Fichten ist in der Umgebung des Wurzelberghauses noch so groß, daß man nach ihnen nicht zu suchen braucht. Die Nähe der Stöcke bei einander, sowie die Gruppen der noch stehenden alten Tannen, zeugen für einen vormals enggeschlossenen Bestand, dessen dichtes Nadel- und Laubdach einen dunkelen Wald bedeckte. Die Buchen und die Fichten des jetzigen Waldes sind entschieden ungleich jünger als die großen Tannen, die Fichte hat sich wahrscheinlich erst angesiedelt, nachdem die alten Tannen, welche vermuthlich mit der Buche allein vormals den Berg bedeckten, mehr oder weniger gelichtet wurden. Die Fichte leidet hier sehr vom Windbruch, vielleicht findet man schon deshalb keine den Tannen an Höhe entsprechende Stämme; oft steht eine hohe alte Tanne ganz vereinsamt, nur von Unterholz umgeben.

Das Klima des Wurzelberges ist rauh; kalter Nebel lagerte bis Mittag auf den Bergen, später drang die Sonne durch, von der Höhe eröffnete sich freundlich ein Blick auf Thüringens

---

*) Göppert beschreibt ganz ähnliche Verhältnisse im Grünwalder Thal, in der Grafschaft Glatz (Flora 1847).

bewaldete Gebirge und in die weite Ferne hinaus bis zum Harz, deutlich zeigte sich das Brockenhaus.

Entrindete Fichtenstämme und zerbissene junge Tannen deuten auf einen starken Wildstand. Seit dem Jahre 1848 sind die munteren Bewohner des Waldes verschwunden, kein stolzer Hirsch, kein scheues Reh erscheint vor den Blicken des Wanderers. Die Salzlecken und die Futterhäuser des Thüringer Waldes stehen größtentheils vereinsamt.

Mehrere der alten Tannen hatten Rindenverletzungen frisch überwallt; ich untersuchte eine solche Ueberwallungsstelle und fand, daß sich der Stamm noch jetzt verdickt, obschon das Höhenwachsthum gänzlich aufgehört hat; die meisten Stämme sind gesund, nur wenige sind gipfeldürre. Mit großer Pietät schont man auch diese seltenen Bäume, die an Alter, Höhe und Umfang in Deutschland wohl nicht ihres Gleichen finden.

Die genauen, im Jahre 1837 vom Oberförster Schinzel zu Katzhütte unternommenen, Vermessungen der vier stärksten Tannen des Wurzelberges, welche mir der Landjägermeister v. Holleben freundlich mitgetheilt, ergeben folgende Zahlen:

Tanne	1	(2 Fuß über der Erde)	18	Fuß	5	Zoll	Umfang	und	145	Fuß	Höhe
„	2	„ „ „	22	„	—	„	„	„	150	„	„
„	3	„ „ „	22	„	4	„	„	„	150	„	„
„	4	„ „ „	26	„	10	„	„	„	160	„	„

Der cubische Inhalt dieser Bäume berechnet sich, mit Annahme der Reductionszahl von 0,42. Für

Tanne	1	auf	1608	Cubikfuß,	oder	$22\frac{1}{5}$	Klafter	zu 72 Cubikfuß berechnet
„	2	„	2422	„	„	$33\frac{1}{2}$	„	
„	3	„	2492	„	„	$34\frac{2}{3}$	„	
„	4	„	3810	„	„	$52\frac{11}{12}$	„	

Nach der Zählung der Jahresringe mehrerer gefällter Stämme läßt sich das Alter der Tannen des Wurzelberges auf 350 bis 400 Jahre berechnen.

Auf dem Lindigsforst, kaum eine Stunde vom Wurzelberg, steht der hohle, etwa 36 Fuß hohe Stumpf einer ebenfalls uralten Tanne,

die im Jahre 1849 durch den Sturm gebrochen ward, ihr hohler von der Rinde entblößter Stamm, von einem Schindeldach bedeckt, und mit einer Thür verschlossen, dient als natürliche Hütte den Holzhauern und dem Forstschutzpersonal zum Zufluchtsort, sie nimmt sechs bis acht Personen bequem in ihre Höhlung auf. Diese Tanne hatte bei einem Umfang von 22 Fuß 6 Zoll (18 Zoll über der Erde gemessen) eine Höhe von 150 Fuß, ihr Holzgehalt entspricht 2538 Cubikfuß oder 35 $^1/_5$ Klaftern.

Nach Ratzeburg steht im Hundsrück bei Birkenfeld eine Tanne von 150 Fuß Höhe und 217 Zoll Umfang, deren Holzgehalt nach der fünften Königsschen Vollholzigkeitsklasse auf 28, nach der vierten Klasse auf 25 $^3/_4$ Pr. Klafter berechnet ward. Bei Wembach am Odenwald soll ebenfalls eine Tanne von 140—150 Fuß Höhe stehen; auch im Nesselgrund in Schlesien finden sich Tannen, deren eine ohne Wipfel und Aeste 25 Klafter Scheitholz lieferte. In dem Boronower Forst (zur Herrschaft Koschelin in Oberschlesien, an der Polnischen Grenze) sollen um das Jahr 1812 noch viele Urwälder fast aus lauter Tannen bestanden haben; in der Waldung Burgen standen die alten Stämme so dicht wie jetzt kaum ein 80jähriges Holz; man schätzte an einigen Orten den Waldmorgen auf 120 Klafter. Im Boonwalde bei Zofingen in der Schweiz soll unlängst eine Tanne geschlagen sein, welche über dem Stock 6 Fuß Durchmesser und bei 100 Fuß Länge noch 7 Fuß Umfang hatte. Ein noch größerer Baum fiel im Frühjahr 1852 in der Schwendialp, beinahe 4000 Fuß über dem Mittelmeer. Diese Weißtanne maß am Stock 21 Fuß im Umfang und auf eine Länge von 100 Fuß noch 8 Fuß 6 Zoll im Umfang*). Die Tanne liefert unter allen deutschen Bäumen den größten Holzgehalt. Die großen Tannen des Nesselgrundes und der Alpen sind, wie wir gesehen, kleiner und schwächer als die alten Tannen des Wurzelberges.

Die Fichten des Wurzelberges sind sichtbar nicht so kräftig als

*) Berliner botanische Zeitung. 1853. S. 255

die Tannen und Buchen, sie leiden vom Windbruch und von Borkenkäfern, Moos und Flechten bedecken Stamm und Zweige. Das Forstamt hat deshalb beschlossen, eine den natürlichen Verhältnissen des Berges entsprechende Waldung neu zu erziehen; die Fichten nach und nach zu schlagen, den Tannenanflug und die Buchensämlinge zu hegen und so den Wurzelberg mit einem gemischten Bestand junger Tannen und Buchen zu bewalden, welche unter dem Schutz ihrer Urväter sicherlich zum schönen Hochwald emporwachsen werden.

Auf dem Rückwege nach Katzhütte sah ich die Verheerungen des Windbruches in den Fichtenwäldern; Reihen der größten Bäume lagen neben flachen Erdgruben, die Wurzeln, kaum 2—3 Fuß tief im Boden, hatten die Erde „als Käse" mit emporgerissen. Furchtbar muß der Sturm in solcher Waldung hausen, zumal im Winter, wo Schnee und Eis als feste Decke auf dem dichten Zweigdach lasten.

In einem andern Fichtenbestand desselben Reviers wurde „Harz gescharrt." Ein etwa fußlanges und zollbreites, an einem Ende hakenförmig gekrümmtes und geschärftes „Scharreisen" dient sowohl um zum erstenmal den Baum zu „reißen", als auch um späterhin das Harz herauszuscharren. Zur Harzgewinnung werden die schlagbaren Stämme (80—100 Jahre alt) benutzt, man reißt mit dem Scharreisen in der Brusthöhe des Baumes um den Stamm 3—4 etwa fußlange, bis aufs Splint dringende, 1—2 Zoll breite Längsrinnen (Harzlagen). Selbige werden im Frühjahr gemacht, das Harz quillt aus dem Splint hervor, es sammelt sich in der Rinne und erhärtet an der Luft, im Herbst wird es mit dem Scharreisen herausgekratzt und in einen großen, aus Fichtenrinde, gebauten tonnenförmigen, Behälter eingestampft. Alle zwei Jahre wird im Frühling das Loch von neuem angescharrt und breiter gemacht. Da sich der Stamm an den nicht entrindeten Theilen alljährlich verdickt, die Harzlagen aber, weil ihnen die Rinde fehlt, nicht fortwachsen können, so werden diese Löcher alljährlich immer tiefer; ein Baum der seit etwa 10 Jahren auf Harz benutzt ward, zeigt mehr als

zolltiefe Rinnen; bei starken Bäumen macht man häufig neue Löcher. Der Harzverlust schadet dem jungen Holze, das Harzscharren darf deshalb nur an älteren Bäumen, welche nicht mehr stark nachwachsen, erlaubt werden.

Zum Leben des Waldes gehören auch dessen Thiere — Hirsche, Rehe und Schweine werden immer seltener; der Bär, der Luchs und der Wolf, welche vormals in Deutschlands Wäldern hausten, sind verschwunden, ein Biberbau gehört zu den größten Seltenheiten. — Das Wild schadet den jungen Bäumen sehr, es frißt die Keimpflanzen, es verbeißt die jungen Bäume, namentlich die Tannen, es schält im Winter die Rinde der Bäume bis zum Splint, der Baum bleibt krüppelig; ein zu starker Wildstand ist deshalb dem Walde selbst nachtheilig. Mancher Jäger hält das Rindenschälen des Hochwildes für eine übele Angewohnheit, man findet es auf einigen Waldbeständen, auf anderen ist es nicht bekannt; wenn Hochwild aus dem einen Bestand in den andern kommt, so sollen die Gefährten von ihm diese übele Sitte lernen; noch andere Forstleute halten das Rindenschälen für eine vom Menschen erlernte Angewohnheit des Wildes. Seitdem man die gefällten Stämme im Frühjahr augenblicklich schält, hat das Wild die jungen saftigen Theile der Rinde kennen gelernt, es schält jetzt selbst und zwar am stehenden Stamm.

Das Eichhörnchen, welches von einem Zweig zum andern springt, der Specht, welcher am Stamm klettert und in der Rinde seine Nahrung sucht, die Eule, die Waldtaube, sowie das Heer der Singvögel beleben den Wald. Der Ruf des Auerhahns und der Birkhühner schallen weithin (beide sind bereits selten geworden), ein Raubvogel schwebt hoch in der Luft, nach Beute suchend, während an der Erde geschäftige Ameisen ihrem Bau zueilen, und aus dem hohlen Stamm ein Schwarm von Bienen fliegt. Viele dieser

Thiere sind dem Walde nützlich, andere sind ihm schädlich; erstere hegt der Forstmann, letztere sucht er zu vertilgen (s. S. 311).

Die Jagd und der Vogelfang sind die Hauptbelustigungen im Walde; die Jagd ist leider durch eine übermäßige Verminderung des Wildstandes sehr beschränkt worden; der Jäger schont das Wild soviel er kann, um dessen Vermehrung möglichst zu befördern; der Vogelfang muß deshalb für die nächste Zeit mehr oder weniger die Jagdlust ersetzen.

Auf dem Dach der Rabenhütte sitzt der gefesselte Uhu, auf den Krakeln (entrindete Baumstämme in seiner Umgebung) sammeln sich die Vögel, um mit wüthendem Geschrei ihren Feind zu verhöhnen, während der versteckte Jäger aus der Schießscharte einen Vogel nach dem andern von der Krakel schießt. Der Knall, sowie das Stürzen ihrer Kameraden verscheucht die Thiere nicht, wie gebannt verharren dieselben, immer lauter schreiend, auf den dürren Aesten, bis ein Streifschuß einen Vogel schwach verletzt; fliegt dieser fort, so folgt die ganze Schaar. — An der Tränke plätschert das Wasser, die Lockvögel pfeifen, das Garn ist aufgestellt, der Vogelsteller sitzt in seinem Häuschen, an der Wand lehnt die Flinte, deren Ladung für den Raubvogel bestimmt ist, welchen die Besucher seiner Netze gleichfalls heranlocken. Die durstenden Vögel kommen zur Tränke, der Vogelsteller zieht sein Netz, sie sind gefangen. — Am Vogelheerd, von weißen Krakeln umstellt, birgt der vom Garn umzogene Raum die schönsten Vogelbeeren, die Lockvögel zwitschern auch hier, der Vogelsteller wartet auf den Fang. Der Herbst ist die Zeit der Tränken und der Vogelheerde.

Um das Leben des Waldes richtig zu beschreiben muß man selbst ein Forstmann sein, und alle Verhältnisse desselben aufs genaueste kennen; ich konnte nur in kurzen Umrissen dasjenige dürftig schildern; was ich selbst vom Wald gesehen. Schon unsere

Wälder sind großartig und mannichfach; die tropischen Wälder bieten des Großartigen und Mannichfachen sicherlich noch ungleich mehr. Alexander v. Humboldt*) hat diese Waldungen meisterhaft geschildert, v. Martius, Pöppig, Richard Schomburgk und andere Reisende haben uns gleichfalls in dieselben eingeführt. Trémaux**) neuestes Reisewerk bespricht die Wälder im mittleren Afrika; aus diesem wohl noch Wenigen bekannten, mit einigen schönen Waldansichten gezierten Buche entnehme ich die folgende Schilderung eines Urwaldes am blauen Flusse:

„Die Sennar ist, nach Trémaux, kein zusammenhängender Wald, sondern eine ungeheuere Fläche, welche aus Wald und wüsten, öden Steppen besteht. Der Wald selbst hat, nach der Bodenbeschaffenheit und Lage, ein sehr verschiedenes Ansehen. Zerstreute buschige Gruppen des Gummibaumes, des Ebenholzes und vieler mit Stacheln besetzter Akazienarten, meistens schwach belaubt, verbreiten sich über die ungeheuere wellenförmige Fläche der Sennar. Ein schöner Hochwald findet sich zunächst in den Niederungen der Flußufer, überhaupt da, wo der Boden sich das ganze Jahr hindurch feucht erhält. Der Reisende sah den allmäligen Uebergang eines solchen tropischen Niederwaldes zum tropischen Hochwald. Während ein niedriges stacheliges Gebüsch die Anhöhen in der Nähe des Flusses bedeckte, wurde der Wald, wenn sich der Boden ganz allmälig senkte, zusammenhängend, das niedrige Gebüsch machte höheren Bäumen Platz, der Wald ward immer höher und dichter, ja zuletzt fast schaurig dunkel. Der Reisende befand sich unter einem Laubgewölbe, von Thieren aller Art bewohnt, zwischen einer Menge Baumstämme und Schlingpflanzen, die sich windend und kletternd auf tausenderlei Weise gruppirten. Oftmals versperrte ein Bollwerk dichtverschlungener Bäume, oder vom Alter gestürzte modernde Stämme den Weg. In einer Höhe von 4—5 Metres

*) Alexander v. Humboldt. Ansichten der Natur. Bd. 1 und 2.

**) Trémaux voyage au Soudan oriental et dans l'Afrique septentrionale.

war das Laubdach so dicht, daß nur mit Mühe einige Sonnenstrahlen durch dasselbe drangen. Unter einem solchen dunkelen Hochwald wird auch hier alle Vegetation, welche am Boden zu sprossen versucht, erstickt; Gestrüpp und Unterholz fehlen, man irrt durch ein Labyrinth gewundener Baumgänge. In jedem Augenblick verändert sich die Scene; hier schreit eine Schaar von Affen, die sich von Ast zu Ast verfolgt, dort verläßt ein Zug Perlhühner geräuschvoll sein Versteck, während der Boden unter den Fußtritten des mächtigen Elephanten dröhnt; häßliches Gewürme kriecht hier und da. Wenn sich die Sonne neigt, eilen Myriaden verschiedener Thiere zum Ufer des Flusses. Zahllose Turteltauben umkreisen schreiend den Wanderer; Gazellen, Antilopen und Schakals fliehen vorüber. Die reißenden Thiere verlassen ihre Schlupfwinkel zu nächtlicher Stunde, bisweilen funkeln ihre Augen am Tage durch das Dickicht, man hört den kurzen, scharfen, Schrei der Hyäne, oder das grausige Geächs des Löwen."

Viele Bäume dieser Waldungen stehen nach Trémaux im Frühjahr blattlos, mit dem Eintritt der Regenzeit erscheinen neue Blätter, andere behalten dagegen, gleich unseren Nadelhölzern, das ganze Jahr ihren Blätterschmuck. Verschiedene Palmen und der Banianenbaum, welcher seine Aeste, Säulen gleich, zur Erde herabschickt, damit sie Wurzel schlagen, bilden malerische Gruppen. Der Baobab (Adansonia digitata), der Elephant des Pflanzenreiches, übertrifft durch seine ungeheuere Größe alle andere Bäume; Trémaux sah Stämme von 18—21 Metres Umfang; bei Rosseires steht nach ihm ein Stamm von 26 Metres Umfang. Der hohlgewordene Stamm eines solchen Baumes, dessen Wandung oftmals nur 15 Centimetres stark ist, gewährt mit Leichtigkeit 200 Menschen Schutz und Obdach. Der Baobab wächst sehr langsam, die Eingeborenen glauben, daß ein so großer Baum mehrere tausend Jahr alt sei; der Stamm wird frühe hohl, er stirbt in demselben Grade, als er von außen zunimmt, von innen her ab. Die starken Aeste dieser Bäume tragen nur schwache Zweige, welche von Zeit zu Zeit

vertrocknen und abfallen; vom Dezember bis zum Juni steht derselbe blattlos, mit der Regenzeit kommen seine weißen Blüthen, bald darauf erscheinen seine Blätter. (Vergl. S. 307.)

Adanson sah auf den kleinen Magdalenen-Inseln und am grünen Vorgebirge Exemplare des Baobab*) von 25—27 Fuß Durchmesser, bei 70 Fuß Höhe mit einer 170 Fuß breiten Krone. Nach Trémaux's Abbildungen scheint der Baum ebenfalls keine bedeutende Höhe zu erreichen, dagegen ist nach Letzterem die Kronenbildung desselben nur sehr schwach. Nach Perrottet giebt es Affenbrodbäume von 30 Fuß Durchmesser und 70—80 Fuß Höhe. Der Stammdurchmesser des Baobab übertrifft demnach noch den kolossalen Drachenbaum (Dracaena draco) zu Orotava, welcher nach A. v. Humboldt**), mehrere Fuß über der Wurzel gemessen, einen Umfang von 45 Fuß besitzt, seine Höhe beträgt nicht viel über 65 Fuß.

In der Familie der Wolfsmilchsarten (Euphorbiaceae), welche bei uns nur als krautartige Pflanzen auftreten, besitzt die Tropenwelt baumartige Repräsentanten. Trémaux sah auf den steilen Abhängen und auf dem Rücken des Urgebirges von Dar-Foq vereinzelt stehende Euphorbienbäume, welche schon aus der Ferne durch ihre schwerfälligen und massenhaften Umrisse hervortraten. Wenn in der trockenen Jahreszeit Alles verdorrt, behalten selbige ihre grüne Färbung. Die Krone aus blattlosen, zu einem dichten Dach verschlungenen Zweigen bestehend, hat einen Durchmesser von etwa 7½—8 Metres, die größte Höhe des Baumes vom Boden beträgt etwa 8 Metres. Der Stamm und die starken Aeste sind mit einem harten Holz versehen, die Rinde ist mit Kork bedeckt, während die Rinde der jungen Zweige grün gefärbt, wie bei den Cacteen, den Dienst der Blätter versieht. Ein sehr giftiger Milchsaft, von den Eingeborenen als Pfeilgift benutzt, entquillt den Einschnitten

---

*) A. v. Humboldt, Ansichten der Natur. Bd. 2. S. 110.
**) A. a. O. Bd. 2. S. 104.

der Rinde. Diese Rieseneuphorbien sind durch ihre hohe Lage und den Schatten, welchen ihre dichte Krone gewährt, ein natürliches Belvédere, unter welchem sich die Neger zu ihren Spielen versammeln, doch weilen sie nur unter dem Schutz eines um den Stamm gebauten Strohdachs länger unter ihrem Schatten, weil sie die Ausdünstung des Baumes fürchten. Trémaux hält den beschriebenen Wolfmilchsbaum für Euphorbia canariensis; Euphorbia mamillaris, in derselben Gegend zu Hause, scheint nach ihm keine so bedeutende Größe zu erreichen. Die Familie der Cacteen liefert ebenfalls in den Tropen Gewächse mit mächtigen blattlosen Stämmen*).

Der tropische Wald charakterisirt sich, nach den einstimmigen Berichten aller Reisenden, zunächst durch die Mannichfaltigkeit seiner Baumarten und Gesträuche; während unsere Wälder nur aus einer oder nur aus wenig Baumarten, die gesellig bei einander leben, bestehen. Der tropische Wald muß schon deshalb ein ganz anderes Ansehen gewinnen; in den allgemeinen Verhältnissen bleibt er, wie wir von Trémaux erfahren, unseren Waldungen gleich; unter einem dicht belaubten Hochwald gedeiht auch in den Tropen kein Unterholz. Die Undurchdringlichkeit des eigentlichen Urwaldes wird, nach A. von Humboldt, zum größten Theil durch das letztere, viel weniger durch die rankenden Lianen hervorgerufen. Die größere Kraft des Lichtes, dessen Strahlen unter den Tropen senkrechter fallen, befördert sicherlich zum Theil die üppige Vegetation; hohe und starke Bäume bilden einzelne Gruppen, sie ragen wie bei uns im Mittelwald über das Unterholz hervor, bei schwacher lichter Belaubung mögen dieselben, dichter gestellt, sogar unter sich das Gedeihen eines Niederwaldes erlauben. Das Zweiggeflecht unter den hohen Bäumen erreicht nach A. von Humboldt**) an den Quellen des Orinoco oftmals eine solche Undurchdringlichkeit, daß

*) A. v. Humboldt, Ansichten der Natur. Bd. II. S. 178.
**) A. a. O. Bd. 1. S. 327.

selbst der schwarze Jaguar (eine Tigerart) nicht mehr am Boden jagen kann, sondern, ein Schreckniß der Affen, auf den Bäumen leben muß.

Die Wälder des tropischen Amerika verschwinden mehr und mehr von der Art des Farmers, der ihren fruchtbaren Boden zu Ackerland verwendet. Ein tropischer Urwald muß durch den Verwesungsprozeß seiner eigenen Pflanzen, welche durch ihre Bedeckung dem Boden die Feuchtigkeit erhielten, nach und nach eine solche Menge des trefflichsten Humus gebildet haben, daß sein Gedeihen immer üppiger wird. Wo man einen solchen Wald ausrodet, was allerdings seine großen Schwierigkeiten hat, muß ein Ackerland zurückbleiben, welches jahrelang ohne Düngung die herrlichste Ernte liefert. Auch unsere Wälder verbessern, wie schon erwähnt, den Boden. Die dichtbelaubten Bäume sind für denselben in einem ungleich höheren Grade nützlich als die lichter belaubten Baumarten; erstere halten durch ihre Beschattung den Boden feucht, sie befördern durch diese Feuchtigkeit die chemische Veränderung der Stoffe im Boden. Das alljährig abfallende leicht verwesbare Laub der Laubbäume giebt überdies dem Erdreich die entzogenen mineralischen Stoffe zurück, es liefert ihm außerdem eine reiche Humusquelle; die schwarze Walderde ist den Gärtnern als eine der fruchtbarsten Bodenarten bekannt.

Wie der tropische Wald jetzt von der Hand des Farmers sinkt, so fielen die deutschen Wälder schon vor grauen Jahren, Eigennutz und Unverstand, häufig mit einander gepaart, verheerten selbige zum Theil in planloser Weise; Bergeshänge, jetzt nackt und kahl, fast jeglicher Vegetation beraubt, waren vormals bewaldet. Mit dem Verschwinden der Wälder stieg alljährlich der Preis des Holzes, sein Mangel wurde immer fühlbarer. Der große Nutzen des Waldes in klimatischer Beziehung tritt immer mehr hervor; statt den Wald wie bisher mit Feuer und Axt zu vertilgen, fing man jetzt an, ihn zu schonen, ihn vom neuem aufzubauen; das Forstwesen ward zu einem wichtigen Zweige der Staatswirthschaft.

Möchten die Farmer Amerikas sich am deutschen Vaterlande ein warnendes Beispiel nehmen, möchten sie ihre Wälder schonen, so lange es noch Zeit ist, möchten sie nicht planlos, des augenblicklichen Gewinnes halber, schlagen, sondern an die Zukunft mit ihren Folgen denken.

Zum Anbau oder zur Nachzucht eines Waldes dienen die Pflanzenbeete, auf denen der Same gesäet und die jungen Pflanzen erzogen werden. Nach der Baumesart müssen letztere eine mehr lichte oder schattige Lage, einen leichteren oder schwereren Boden haben. Die jungen Eichen und Birken verlangen eine lichtere Stellung als die jungen Tannen, Fichten und Buchen; auch die Kiefer will eine lichte Stellung. Wenn die Bäumchen eine gewisse Größe erreicht haben, werden sie verpflanzt, die Fichte und Tanne in der Regel im dritten bis fünften Jahre, beide sind jetzt buschartig, der Stamm ist niedrig und vom Grunde auf bezweigt. Die jungen Tannen und Fichten werden, weil sie in den ersten Lebensjahren niedrig bleiben, leicht vom Gras erstickt. Im Walde selbst werden junge Bäume, namentlich die Tanne, gern vom Wild gefressen; man umzäunt deshalb die Pflanzenbeete und Schonungen. Der jungen Eiche stellen die Erdmäuse nach, indem sie ihre im Boden verbleibenden Samenlappen, abfressen. Bei der Verpflanzung, die wiederholt geschieht, will jede Baumart anders behandelt werden. Die Kiefer verpflanzt man ziemlich weit gestellt, sie verlangt viel Licht, die Tanne und Fichte will dagegen bis zum zehn- bis zwölften Jahre Schatten, sie werden dichter gepflanzt, eine 10—20jährige Fichtenschonung ist fast undurchdringlich. Der jetzt zu dichte Bestand lichtet sich entweder selbst, indem die schwächeren Bäume absterben, oder er wird vom Förster gelichtet; desgleichen werden, wo durch Absterben einzelner Bäume Lücken entstanden sind, junge Bäume nachgepflanzt. Ein reiner Bestand gedeiht im Allgemeinen

im dichten Schluß am besten. Die Lücken, durch Windbruch in Fichtenwaldungen entstanden, sind, da der Sturm zu leicht in ihnen neue Beute sucht, dem Walde sehr gefährlich; sie sind, weil sich große Bäume nicht nachpflanzen lassen, kaum auszufüllen; die Fichte sollte deshalb nur da gezogen werden, wo sie vom Winde nichts zu fürchten hat. Die Süd- und Südwestwinde sind für den Thüringer Wald sehr schädlich; sie wirken überdies austrocknend.

Beim Anbau, sowie bei der Nachzucht, hat man namentlich die Standortsverhältnisse, d. h. die Bedingungen des Bodens, der Lage und des Klimas zu berücksichtigen, man kann nicht wohl eine junge Pflanze aus einem fetten Boden plötzlich in einen mageren bringen, dagegen soll man allerdings gewisse Pflanzen von Jugend auf an einen schlechteren Boden gewöhnen können (?).

Das Fällen (das Abholzen, Abtreiben) der Bäume geschieht in der Regel im ersten Frühjahr, noch ehe sich der Wald belaubt. Der Baum wird in der Regel zwei Fuß über der Erde durch die Säge gefällt; zwei Männer genügen, den starken Stamm hundertjähriger Kiefern oder Fichten in kurzer Zeit zum Fall zu bringen. Die Säge dringt etwa so weit vor, daß nur $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{6}$ des Holzes nach der Seite, wohin der Baum fallen soll, übrigbleibt; einige Holzkeile in den Sägeschnitt getrieben, bewirken seinen Fall. Anfänglich schwankt der Wipfel, er neigt sich ganz allmälig; wie von der Erde angezogen wird die Fallbewegung immer schneller, krachend stürzt der Baum, Aeste und Zweige fliegen weit umher. Ein geschlossener Bestand wird in der Regel von der Seite her abgetrieben, man fällt die Bäume reihenweise. Am Bergeshang läßt man sie abwärts fallen; im Mittelwald beachtet man genau die Richtung, wohin der Stamm, ohne junge Bäume zu beschädigen, fallen darf.

In der Regel wird der gefällte Stamm sogleich geschält; die Rinde löst sich im Frühjahr leichter, der Stamm wird trocken ohne auszuschlagen, was, wenn er nicht entrindet wird, erfolgt; sein Holz und seine Rinde behält deshalb die Stoffe, welche sonst zur Bildung junger Zweige verwerthet werden. Die Borkenkäfer, welche

gern zwischen dem Holz und der Rinde liegender Stämme nisten, können sich jetzt nicht ansiedeln. Bei der Kiefer, Fichte und Tanne ist das junge Holz (das Splint) frisch gefällter Stämme oftmals bis zum 20sten Jahresring, von außen her gezählt, feucht, bei der Kiefer und Fichte quillt Harz aus diesem Splinte hervor. Beim raschen Austrocknen reißt das Holz mehr oder weniger, am häufigsten in der Richtung der Markstrahlen.

Will man das Alter des gefällten Stammes auf dem Stock nach den Jahresringen abzählen, so muß man, wenn der Baum zwei Fuß über der Erde gefällt ward, einige Jahre hinzunehmen. Nach der Baumart wird die Zahl der Jahre, welche man hinzufügen muß, verschieden sein. Für Bäume, welche in den ersten Lebenszeichen einen starken Höhentrieb machen, z. B. für die Kiefer, wird man nur wenig, vielleicht 4—5 Jahre hinzurechnen dürfen, für die Tanne und Fichte dagegen, welche erst nach dem zehnten oder zwölften Jahre in die Höhe wachsen, wird man mindestens 10—12 Jahre hinzurechnen müssen. Weil jedoch nicht jeder Baum gleich kräftig wächst, wird man das Alter eines Stammes niemals mit absoluter Genauigkeit nach seinen Jahresringen bestimmen können, dagegen ist das Alter eines Astes oder Zweiges mit großer Sicherheit an seinen Jahresringen abzuzählen.

Oftmals rauscht es in der Tanne höchsten Wipfeln (auf dem sogenannten höheren Thüringer Wald: Katzhütte, Neuhaus, Igelshieb rc.), man glaubt ein Eichhörnchen dort beschäftigt, und sieht statt dessen einen Menschen in schwindelnder Höhe. Es ist ein „Kustelnsteiger", der mit bewundernswürdiger Gewandtheit von Zweig zu Zweig, von Baum zu Baume klettert, um „Kusteln" (Tannenzapfen) zu sammeln. Die Kühnheit dieser Leute geht so weit, daß sie, auf dem Wipfel einer hohen Tanne sitzend, den Baum des dicht geschlossenen Bestandes zum Schwanken bringen und, wenn seine Aeste sich der Krone einer anderen Tanne nähern, mit einem schnellen Satz hinüberspringen.

Im Thal klappert die Schneidemühle, es pocht das Hämmer-

werk, weißer Dampf wirbelt empor vom versteckten Kohlenmeiler. — Es ist Holztag, Männer und Frauen mit Karren und Tragkörben eilen truppweise in den Wald, um Leseholz zu suchen.

Im Walde zeigt sich das Schaffen der Natur in seiner vollen Größe. Der Riesenbaum, mit tausend Zweigen zum Himmel anstrebend; das kleinste Moos, der kleinste Pilz auf diesem Baume, dem Auge kaum erkennbar, entstand durch ihre Kraft. Ihre Macht treibt Knospen, sie entfaltet Blüthen, reift Früchte und läßt Samen keimen; durch sie entsteht das Thier des Waldes, vom Hochwild bis zur Ameise herab. Ihr Loblied singt der Vogel in den Zweigen, das Rauschen der Blätter, das Plätschern des Baches begleiten seine Melodien. — Wo Alles die Natur verherrlicht, darf auch der Mensch nicht fehlen; ein unbewußt Gefühl zieht ihn zum Walde, um in freudig-feierlicher Stimmung der großen Schöpferin zu danken.

XI.

Der Wald und seine Bedeutung.

Ob der Wald Bedeutung hat kann keine Frage sein. Wohin wir blicken, überall sehen wir Erzeugnisse des Waldes; unsere Wohnungen, unsere Geräthe, unsere Schiffe, unsere Eisenbahnen, sogar unsere Bergwerke könnten nicht sein, wenn der Wald nicht wäre. Des Winters Kälte würden wir erliegen, Nahrungsmittel, für uns erst durch des Feuers Macht genießbar, würden uns nichts nützen, die Kraft des Dampfes würden wir nicht kennen, durch sie nicht über Land und Meere fliegen, wenn es keine Wälder gäbe oder gegeben hätte.

Die Fortschritte der Cultur sind an den Wald gebunden, und doch war die Cultur die größte Feindin des Waldes; sie ist es leider hier und da noch jetzt. Deutschland, vormals mit dichten Eichen- und Buchenwäldern überdeckt, ist jetzt nur strichweise noch mit schönen Waldungen versehen; nackte Berge, wüste Ebenen, wo vormals dichte Wälder standen. Was nützt der Flugsand, was trägt die Haide? was konnte der Wald, den man vor grauer Zeit, aus Unverstand oder Eigennutz geschlagen, nützen? Immer fühlbarer wird der Holzmangel, immer höher steigen die Holzpreise. Die Steinkohlen und Braunkohlen wachsen nicht nach, die Torfdecke des Moores vermehrt sich nur langsam; mögen sie noch für Tau-

sende von Jahren Brennstoff liefern, so wird auch diese Quelle dennoch einmal versiegen. Will man auf die Entdeckung neuer Lager warten, will man leichtsinnig die Gaben der Natur vernichten, so mag man ferner Wälder schlagen, ohne neue Waldungen heranzuziehen, so mag man Elend und Noth seinen Nachkommen bereiten und ihres Fluches gewärtig sein.

Die Waldungen sind mit dem Wohl der Menschheit eng verknüpft, von ihnen ist zum großen Theil das Klima, die geschützte Lage, die Feuchtigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens abhängig. In der Natur greift alles in einander, die Stoffe kreisen ohne Unterlaß. Die Pflanze nimmt aus der Luft Kohlensäure und andere gas- und dunstförmige Produkte, welche von den Thieren ausgeathmet, oder durch die Verwesung in Freiheit gesetzt werden, sie haucht dagegen Sauerstoff in die Atmosphäre aus; dieser Sauerstoff dient den Thieren zum Leben. Der Baum mit seinen grünen Blättern und jungen Zweigen bietet der Luft eine große aufnehmende und aushauchende Oberfläche entgegen, er bindet den Kohlenstoff der Kohlensäure, um aus ihm Holz, Stärkemehl u. s. w. zu bereiten. Der Wald entzieht der Luft durch seine ungleich größere absorbirende Oberfläche ungleich mehr der genannten Gase, als die Wiese und das Kornfeld, er giebt in gleichem Maße mehr Sauerstoff an die Atmosphäre ab. Sein Einfluß auf die chemische Zusammensetzung des Dunstkreises der Erde ist deshalb von großer Bedeutung.

Der Laubwald wirft alljährlich seine Blätter ab; selbst die Nadelhölzer verlieren nach einer bestimmten Reihe von Jahren ihre Nadeln. In den Nadeln und im Laube erhält der Boden einen Theil der mineralischen Stoffe zurück, welche ihm die Wurzeln der Bäume entzogen; die organischen Verbindungen der Blätter werden dagegen für den Boden eine reiche Humusquelle. Der Schatten der Belaubung erhält dem Boden seine Feuchtigkeit, die Verwesung arbeitet fort und fort, es entstehen Moospolster, die Humusdecke des Waldes wächst von Jahr zu Jahr.

Wasser ist das nothwendigste Lebensbedürfniß aller Pflanzen und Thiere, ohne Wasser keine Diffusion, ohne Diffusion kein Leben. Der Wald entzieht der Atmosphäre viel Wasser, er haucht viel Wasser wieder aus. Bewaldete Gegenden haben in der Regel eine feuchte Atmosphäre, sie haben Regen und fruchtbaren Thau. Wie der Blitzableiter die Gewitterwolke, so zieht der Wald die Regenwolke zu sich herab, sie erquickt nicht ihn allein, sie kommt auch den benachbarten Feldern zu Gute; in der Nähe des Laubwaldes findet man fast überall fruchtbares Ackerland. Der Thau ist ein Niederschlag wässeriger Ausdünstungen der Erdoberfläche; wo er entstehen soll, muß letztere Wasser abgeben. Der dürre Sand, der nackte Fels kann wenig Wasser geben, ihn kann deshalb kein Thau erfrischen. Der Wald mit einer bedeutenden Verdunstungsoberfläche versehen, giebt seinem Boden, giebt dem benachbarten Lande eine große Menge des erquickendsten Thaues; am Boden des dichten Hochwaldes thaut es weniger als auf der waldumkränzten Wiese; der Boden des Hochwaldes, am Tage durch die Sonnenstrahlen weniger erwärmt, wird in der Nacht auch weniger durch Ausstrahlung erkältet. Die mit Feuchtigkeit geschwängerten Luftschichten über dem Walde senken sich am stillen kühlen Abend als Nebel in das Thal, der Thau perlt am Morgen auf den Wiesen, er erquickt den Acker. Wie an den Küstengegenden die Meeresdünste, so sorgen die Waldesdünste im Innenland für die Bewässerung des Bodens, und durch dieselbe für dessen Fruchtbarkeit.

Die Mehrzahl der Flüsse entspringen auf bewaldeten Gebirgen; der Wald erhält einer Gegend seinen Wassergehalt, er sorgt für die Flüsse, er ernährt ihre Quellen; in der Wüste versiegen dieselben. Die ungeheueren, so wasserreichen, Ströme Nordamerikas durchziehen den Urwald; ob sie so wasserreich bleiben werden, wenn ihre Wälder verschwunden sind? Die Winde fahren her und hin; fällt auch auf dürrem Sand ein warmer Regen, was hilft er diesem Sande? Begierig eingesogen, wird sein Wasser eben so schnell wieder abgegeben, keine Pflanzen sind vorhanden, die das Wasser an sich

fesseln könnten; nur wenig Pflanzenarten können überhaupt auf dürrem Sand gedeihen, weil nur wenige im Stande sind das Wasser lange festzuhalten. Die Cacteen und die blattlosen Euphorbien sind fast die einzigen Bewohner tropischer Wüsten, unser Sandgras (Elymus arenarius) wächst auf dem Flugsand dürrer Haiden und wird schon hier, indem es durch seine Wurzelausbreitung den lockeren Sand befestigt, nützlich. Das Sandgras zeigt uns die Möglichkeit, auch Wüsteneien ganz allmälig mit einer neuen Pflanzendecke zu bekleiden.

Wenn sich im Winter Schnee und Eis auf dem Gebirge häuft, um vor der Sonne des Frühlings zu schmelzen, so schwellen die Ströme plötzlich; ein Bergstrom kommt zum andern, die Wassermasse stürzt mit Macht ins Thal hinab. Bedeckt ein Wald des Gebirges Grund, fließen die Ströme durch fruchtbares Land, so wird ein großer Theil des schmelzenden Schnees, der auf den Bäumen oder unter ihnen liegt, von der lockeren Dammerde des Bodens aufgesogen und zurückgehalten, während er da, wo ihn der Boden nicht aufnimmt, die Wassermenge der Flüsse vermehrt. Seitdem die Wälder verschwunden, oder über alle Gebühr gelichtet worden, sind die Ueberschwemmungen der Flüsse im Frühjahr furchtbarer als je hervorgetreten. Die Schrecknisse der Rhone-Ueberschwemmungen in den letzten Jahren sind sicherlich zum Theil eine Folge der Waldvernichtung.

Ein Bergrücken, eine Mauer, ein Wald schützen vor dem Winde. Der Windschutz des Hochwaldes ist in mancher Gegend nicht ohne wohlthätigen Einfluß, von ihm beschirmt, gedeiht der junge Wald, gedeiht das Ackerland, er verhütet die weitere Ausbreitung des Flugsandes, er hemmt die nachtheilige Einwirkung austrocknender Winde; er gewährt endlich Schatten und Kühlung.

Der wohlthätige Einfluß des Waldes auf die Luftbeschaffenheit einer Gegend läßt sich nach obigem nicht mehr in Zweifel ziehen, der Gesundheitszustand der Menschen und Thiere, das Gedeihen der Pflanzen ist von der Luftbeschaffenheit einer Gegend abhängig; manche verheerende Krankheit, die wir vormals nicht kannten, hängt

vielleicht mit einer Veränderung der Atmosphäre, durch die Verminderung der Wälder zusammen*).

Die Fruchtbarkeit des Bodens steht, wie wir bereits gesehen, unter dem Einfluß der Wälder, die Humusbildung, der Thau und der Regen werden mehr oder weniger durch den Wald begünstigt, die Ueberschwemmungen der Flüsse im Frühjahr werden durch ihn beschränkt, die Schädlichkeit böser Winde wird durch ihn gemildert; der Acker und die Wiese gedeihen durch ihn ungleich besser. Die große Fruchtbarkeit gewisser tropischer Gegenden ist sicherlich zum Theil eine Folge benachbarter Wälder, die Dammerde des Waldbodens selbst liefert, wenn der Wald vertilgt wird, treffliches Ackerland.

Wald und Ackerland können sehr wohl neben einander bestehen; wo der eine gedeiht, kann oft das andere nicht fortkommen. An Bergeshängen gewisser Gesteinsformationen oder in zu großer Höhe kann man mit Vortheil kein Ackerland, wohl aber Wald erziehen. Viele Höhen, welche jetzt kaum eine Spur der Vegetation bedeckt, waren vormals bewaldet; mit dem Schatten und dem Schutz des Waldes schwand die Humusdecke des Bodens, unter ihm entstanden; jeder Sturzregen verschlechterte, indem er die löslichen Nahrungsstoffe abwärts spülte, das Erdreich, auf dem zuletzt nichts mehr gedeiht. Wäre man hier planmäßig zu Werke gegangen, hätte man dem Walde gelassen, was des Waldes war, so würde man alle Vortheile desselben auch fernerhin genießen können.

Wir können des Ackerlandes so wenig als des Waldes entbehren, derselbe liefert wohl den Thieren (die Eicheln und Bucheln

---

*) M. A. Moreau de Jonnes beweist in einer interessanten, aber gar zu breiten Schrift „Untersuchungen über die Veränderungen durch die Ausrottung der Wälder u. s. w. übersetzt von W. Widenmann, Tübingen 1828," den großen Einfluß der Wälder auf die Atmosphäre. Der Wald verändert nach ihm die Temperatur einer Gegend, er befördert die Häufigkeit des Regens, desgleichen die Feuchtigkeit der Atmosphäre, er sorgt für Quellen und Flüsse, er schützt vor dem Winde, er verbessert die Luft, er befördert die Fruchtbarkeit des Bodens. Zahlreiche statistische Angaben unterstützen diese Behauptungen.

als Schweinemast), aber nicht dem Menschen Nahrung. Es ist demnach durchaus gerechtfertigt, den Wald zu schlagen, wo man des Ackerlandes bedarf und wo dasselbe wirklich gute Ernten liefern kann; aber diese Waldvertilgung sollte niemals weiter gehen als es wirklich nothwendig ist, niemals sollte der augenblickliche Gewinn allein den Sturz eines Waldes bestimmen, niemals sollte man den Wald ausrotten, wo kein Korn gedeihen kann; wenn man an einem solchen Orte schlägt, sollte man jederzeit an die Nachzucht eines neuen Waldes denken.

Die Wiese, das Kornfeld und das mit krautartigen Gewächsen bepflanzte Ackerland wirken, wie jede Pflanzendecke, auf den Boden und die Atmosphäre; auch sie würden den Boden verbessern, wenn man nicht alljährlich erntete. Durch die Ernte werden dem Boden sowohl mineralische als organische Nahrungsmittel entführt, während dem Wald durch seinen Blätterfall organische Stoffe zugebracht werden; das Ackerland muß gedüngt werden, der Wald düngt sich selbst. Auf die Veränderung der Atmosphäre wirkt Wiese, Kornfeld und bepflanztes Ackerland zwar in ähnlicher Weise als der Wald, dessen aufnehmende und abscheidende Oberfläche jedoch ungleich größer ist. Das Kornfeld und das Ackerland kann deshalb nicht den Wald vertreten, er gewährt überdies dem Boden nicht den Schatten, es hält die Feuchtigkeit nicht wie der Wald zurück, es setzt die Stoffe überhaupt nicht in dem Maße, wie dieser in Umlauf. Ein richtiges Verhältniß zwischen Ackerland und Wald, den Boden- und den klimatischen Verhältnissen der Gegend angemessen, gehört allerdings zu den schwierigsten, aber großartigsten Aufgaben ächter Staatswirthschaft, von ihr wird das Gedeihen und der Wohlstand eines Landes mehr oder weniger abhängig sein.

Manche Gegend, die jetzt wüste liegt, mag auch früher wüst gewesen sein; die Sahara hat, so lange der Sirocco über sie dahin fegt und ihre Sandhügel ordnet, wohl keine Vegetation getragen; andere Gegenden, jetzt einer Wüste ähnlich, waren vormals sicherlich bewaldet. In den unermeßlichen Steppen und nackten Hochländern

des mittleren und südlichen Asiens findet man noch jetzt Merkmale längst verschwundener Wälder. Diodor von Sicilien erwähnt einer Sage, nach welcher ein furchtbares feuerspeiendes Thier Alkis (das Elennthier) nach Phrygien gekommen sei und seine Wälder angezündet habe. Ueber das Gebirge Taurus soll sich der Brand durch dieses Thier nach Indien verbreitet haben. Durch das Meer nach Phönizien zurückgekehrt, soll dasselbe Thier die Wälder des Libanon entflammt und, durch Aegypten nach Lybien streifend, zu den Abendländern gegangen sein. Nachdem dasselbe die Wälder um (das Gebirge) „Keraunia" zerstört und die ganze Landschaft (Epyrus) in Brand gesteckt hatte, ist es endlich, der Sage nach, von der Minerva getödtet worden. Wie selten eine Sage ganz ohne allen Grund, so wird auch diese für unermeßliche, furchtbare Waldbrände reden, deren Ursache uns freilich unbekannt bleibt. Das harmlose Elennthier entfloh den brennenden Waldungen; man sah in ihm den Uebelthäter, der die Wälder angezündet, so wie man noch jetzt häufig Folge und Ursache verwechselt, z. B. den Pilz der kranken Kartoffel als Urheber einer Krankheit ansieht, welche er niemals eingeleitet hat. — Aehnliche Waldbrände haben auch späterhin in den verschiedensten Ländern großen Waldschaden und unermeßliche Verheerungen angerichtet. Baude*) schildert die Waldverwüstung in Algerien durch Türken und Franzosen, deren nächste Folge ein empfindlicher Mangel gewesen.

Nach Cäsar**) und anderen römischen Schriftstellern war Deutschland vormals mit unermeßlichen Waldungen bedeckt; nach Herodot und Thucydides läßt sich für Griechenland, Italien, Spanien, Frankreich und Britannien dasselbe annehmen. Spanien ist in einer weiten Ausdehnung nach Diodor***) durch Waldbrand verheert; noch unter römischer Herrschaft waren die südlichen

---

*) L'Algerie par le Baron de Baude. Paris 1841.

**) Caesar de bello gallico. VII. 10. Tacitus de morum Germ. 28. 30. Plinius hist. nat. XVI. 1. etc.

***) Diodor Sic. V. 35.

Provinzen sehr holzreich; nur die Küsten dieses Landes sind nach den neueren Reisenden noch jetzt bewaldet, das Innere ist zum größten Theil dürre Heide, mit Lavendel und Rosmarin bedeckt. Die Wälder des Peloponnes wurden durch Ali Pascha niedergebrannt oder verheert, es entstand Dürre und Hungersnoth. Fast von allen Seiten her, selbst aus Dänemark und Schweden schallt die betrübende Nachricht der abnehmenden Waldungen, sogar die amerikanischen Wälder sollen bereits durch den planlos betriebenen Holzhandel in sehr bemerkbarer Weise vermindert sein *). Die russischen Steppen sind waldleer, bei dem schönsten Boden.

Auch im Thüringer Walde steigen die Holzpreise; das Forstamt fällt deshalb alljährlich nur so viel Holz als unumgänglich nothwendig ist, aufs sorgfältigste wird für zweckmäßigen Nachwuchs gesorgt. Hütten- und Hammerwerke, dort allein auf Holzfeuer angewiesen, verzehren viel, der Bergbau gebraucht gleichfalls nicht wenig; durch unzweckmäßig eingerichtete Oefen und undichte, leicht gebaute Wohnungen wird überdies mehr Holz verbrannt, als bei zweckmäßiger Einrichtung nöthig wäre. Waldfrevel mancher Art verschlimmern noch das Uebel. So schwindet der Wald von Jahr zu Jahr, es ist die höchste Zeit, ihm aufzuhelfen.

Aber wie soll man dem Walde helfen? — 1. Durch Pflege und Schonung, 2. durch zweckmäßigen Nachwuchs und 3. durch Anlegung neuer Wälder.

Man sollte kein Holz schlagen, wo es nicht nöthig ist, d. h. nur dann, wenn man desselben bedarf, oder wenn es für die Waldung selbst zuträglich ist. Bäume, welche noch nicht auswüchsig sind, d. h. welche noch nicht die größte Höhe ihres Wachsthums erreicht haben, sollte man nur im höchsten Nothfall fällen, dagegen sollte man Bestände alter Bäume schlagen, sobald dieselben nicht mehr nachwachsen, weil die Menge des Holzes sich hier nicht vermehrt, das Holz selbst sich nicht verbessert und weil derselbe Boden,

*) Report of the British Association.

welcher solche Stämme trägt, mit weit größerem Vortheil junge Bäume zu einem neuem Walde entwickeln könnte.

Zur Pflege und Schonung des Waldes sind Forstgesetze nöthig; das Laub- und Moosrechen darf im Walde unter keiner Bedingung gestattet werden. Das Sammeln des trockenen Holzes kann an und für sich nicht schaden; nachtheiliger ist das Laubschneideln und das Streumachen für den Mittelwald und den Nadelwald.

Wenn man Bäume schlägt, sollte man sogleich für ihre Nachzucht sorgen; nach der Art der Waldung und nach ihrer Lage muß sich sowohl die Art des Abtreibens (Abholzens) als auch der Nachzucht richten. Beim Nieder- und Mittelwald läßt man in der Regel die Stöcke im Boden, sie selbst sorgen zum großen Theil schon für den Nachwuchs; bei dem Hochwald rodet man die Stöcke aus und erzieht durch Selbstbesamung oder Anpflanzung einen neuen Wald. Nach welcher Seite hin zu schlagen ist, muß jeder Förster wissen; man muß den Wald stets so abtreiben, daß unter dem Schutz des stehenden Holzes ein neuer Wald gedeihen kann; hier kommt die Lage, namentlich zur Sonne und zum Winde, in Betracht.

Zur Anlegung eines neuen Waldes ist sowohl der Boden, die Lage und das Klima, als auch die Betriebsweise und die Art des Baumes zu berücksichtigen. Auf einem guten geschützten Boden wird man ohne große Schwierigkeit einen neuen Wald heranziehen können; eine durch Abholzung oder sonstige Ursachen kahl gewordene, der Sonne und dem Winde preisgegebene, Fläche wird dagegen schwierig, ja bisweilen gar nicht zu bewalden sein; und doch ist gerade die Bewaldung solcher Flächen für den Staat höchst wünschenswerth. Drei Schwierigkeiten sind es, welche sich hier einer Bewaldung entgegenstellen: 1. der gänzliche Mangel an Humus im Boden selbst und das Erfolglose einer Düngung bei abschüssigem Boden, weil jeder Sturzregen den mit Mühe hinaufgebrachten Dünger fortspült; 2. der gänzliche Mangel an Schatten im Sommer; junge Pflanzen, welche des Schattens bedürfen, können schon

deshalb auf solchen Lagen niemals gedeihen; 3. der nachtheilige Einfluß kalter Winde, zumal im Herbst und Winter.

Die erste Schwierigkeit ließe sich nach der Bodenart vielleicht am besten durch Bepflanzung mit einer dem schlechten Boden angemessenen gras- oder krautartigen Pflanze, welche vielfach Wurzeln treibt und durch selbige das Wegspülen des abschüssigen Bodens verhindert, beseitigen. Nachdem man solche Pflanzen, z. B. für Sandboden das Sandgras (Elymus arenarius) und andere genügsame Gräser mehrere Jahre hintereinander gesäet und untergepflügt, dann vielleicht Esparsette oder Luzerne gesäet und wiederum untergepflügt hätte, würde sich der Boden wahrscheinlich durch das Wurzelgeflecht der auf ihm gewachsenen Pflanzen befestigt und durch den Gründünger wesentlich verbessert haben; jetzt könnte man versuchen Bäume zu pflanzen.

Die Kiefer, die Birke, die Espe und die Spitzerle verlangen viel Licht, sie vertragen viel Sonne, mit ihrem Anbau müßte man beginnen; wenn durch sie ein Mittelwald entstanden, könnte man vielleicht in seinem Schatten andere Bäume, z. B. die Eiche, die Hainbuche u. s. w. versuchen.

Durch Erdwälle und Planken hat man die neue Waldpflanzung vor schädlichen Winden zu schützen versucht, aber nur selten seinen Zweck erreicht; man muß Bäume wählen, die sowohl Sonnenschein als rauhes Klima vertragen. Die Kiefer ist hier am geeignetsten, sie gedeiht oftmals auf nacktem Sande.

Nicht Forstmann von Fach kann ich für die Anzucht neuer Wälder nur wissenschaftliche Winke geben. — Was der Theorie nach zweckmäßig erscheint, ist oftmals in der Praxis nicht ausführbar, die letztere muß versuchen, was die Wissenschaft ihr vorschlägt. Oftmals wird der Versuch aufs herrlichste belohnt; nicht selten scheitert er, obschon die Voraussetzungen richtig waren, an der unbequemen Ausführung oder an sonstigen Nebensachen. — Durch Versuche frägt man die Natur; war nur die Frage richtig gestellt, so muß auch die Antwort richtig lauten.

Auf die Art der Fragestellung kommt in der Naturwissenschaft überhaupt Alles an. Auf eine falsche Frage kann niemals eine rechte Antwort folgen. Falsch ist jede Frage, welche nicht von ganz sicheren, zweifellos bewiesenen, Thatsachen ausgeht; falsch ist jeder Schluß, der nicht auf solche Thatsachen sich gründet. Um in der Pflanzenphysiologie richtig zu fragen, muß man erstens mit dem Bau und den Bedingungen zum Leben der Pflanzen im Allgemeinen vertraut sein und zweitens die rechten Mittel zur Lösung der Frage anzuwenden verstehen. Jeder Versuch ist eine Frage, der Erfolg des Versuches ist die Antwort, welche man wiederum richtig zu deuten hat. Eine Frage führt in der Regel mehrere oder viele Fragen herauf, die letzte Frage verweist sehr häufig auf ein allgemeines Gesetz; als wirklich letzte Frage muß sie jederzeit ein Grundgesetz zum Ausgangspunkt haben.

XII.

Die Gesetzmäßigkeit in der Natur.

Ohne Gesetze giebt es keine Ordnung, ohne Ordnung kann kein Staat bestehen. — Die Natur ist der größte Staat, sie hat ihre durchgreifenden, unabänderlichen Grundgesetze. — Das Mineralreich, das Pflanzenreich und das Thierreich, den Provinzen eines großen Staates vergleichbar, haben neben diesen allgemein gültigen Grundgesetzen noch besondere, ihren Verhältnissen und Lebensbedingungen angemessene, Spezialgesetze. Erst zum kleinen Theil sind uns dieselben bekannt.

Die Gesetze der Natur können nur durch die Beobachtung selbst gefunden werden. Allgemein gültig nennen wir ein Gesetz, wenn es für alle bekannte Fälle Geltung hat. Je weiter wir nach den Ursachen fragen, je tiefer wir in die Natur eindringen, um so mehr enthüllen sich die Grundgesetze und um so sicherer wird der Grund der Wissenschaft; scheinbare Widersprüche verschwinden. Die Spekulation allein vermag nichts. Alle unsere Erkenntniß wird durch die Sinne eingeleitet; die Erfahrung ist deshalb der Grundstein aller Wissenschaft.

Die physikalischen und chemischen Grundgesetze herrschen über Alles, was vorhanden ist. Die Newtonschen Fallgesetze gelten überall; dem einfachen chemischen Prozeß verfällt Alles, was da leblos ist. Aber dennoch wirken die Gesetze der Natur nicht überall

in gleicher Weise, sie werden im lebenden Organismus durch sich selbst beschränkt (S. 8). Der Krystall wächst anders als die Pflanzenzelle; die thierische Zelle unterscheidet sich in ihrer Ausbildungsweise wiederum von der letzteren.

Das Mineralreich ist das Reich des Todten, hier herrscht kein solches Ineinandergreifen der chemischen und physikalischen Prozesse; jede Veränderung eines Stoffes läßt sich hier mit ihren Grundursachen nachweisen. Die Mehrzahl der natürlich vorkommenden Verbindungen kann auch der Mensch künstlich darstellen, während er keine Pflanze und kein Thier zu schaffen vermag.

Durch den einfachen chemischen Prozeß entsteht keine Thier- und keine Pflanzenzelle, wohl aber verfallen solche, sobald sie absterben, dem einfachen chemischen Prozeß. Durch die Verwesung vergehen die Zellen; die sehr zusammengesetzten chemischen Verbindungen der lebenden Organismen werden nach dem Tode in mehrere einfachere Verbindungen zerlegt.

Die chemischen Verbindungen sind um so fester und inniger, je weniger Stoffe sich mit einander verbunden haben, dagegen um so loser und zersetzbarer, je mehr Stoffe in die Verbindung treten. Auch die Art der Grundstoffe und die Art der Verbindung selbst übt auf die größere oder geringere Zersetzbarkeit der Körper großen Einfluß. Die Phosphorsäure, welche aus Phosphor und Säurestoff besteht, wird selbst durch Glühhitze nicht zerlegt, die Blausäure dagegen, aus Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff bestehend, zerfällt schon durch die Einwirkung des Lichtes in mehrere neue Verbindungen. Die knallsauren Salze, z. B. die Verbindungen der Knallsäure mit Silber- oder Quecksilberoxyd, zerfallen sehr leicht und zwar mit furchtbarer Explosion. Die Knallsäure besteht aus Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff. In der Natur selbst nicht bekannt, ist sie ein Produkt chemischer Laboratorien. Die sogenannten ternairen oder quaternairen Verbindungen, welche drei oder vier der organischen Elemente (Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) enthalten und wohin die Blausäure und die Knallsäure

zu rechnen, sind sämmtlich mehr oder weniger leicht zersetzbar; aus ihnen entstehen neue einfachere Verbindungen.

Der Stickstoff, welcher hier die Hauptrolle spielt, wird in den eigentlichen Gesteinen nicht gefunden, er bildet gewissermaßen das Uebergangselement vom Todten zum Lebendigen. In allen lebenden Organismen vorhanden, scheint er die Ursache der leichteren Zersetzung, des Ineinandergreifens, der chemischen Prozesse zu sein. Durch dieses Ineinandergreifen verschiedener chemischer Prozesse, welche sich gewissermaßen selbst bekämpfen, entsteht das Leben; mit dem Tode erlischt dasselbe. Im Thierreich ist der Stickstoff im Allgemeinen reichlicher als im Pflanzenreich vertreten.

Aus den eiweißartigen (stickstoffhaltigen) Stoffen bildet sich im Innern einer Pflanzenzelle der Zellenkern und der Stickstoffschlauch, es entstehen neue Zellen (S. 17). Aus den Kohlenstoffverbindungen, welche die junge Pflanzenzelle in sich aufgenommen, scheidet sich durch den Stickstoffschlauch die aus Zellstoff (einem Kohlenhydrat) bestehende Membran der Pflanzenzelle ab. Die Bildung der Pflanzenzelle beruht demnach auf einem zusammengesetzten chemischen Prozesse oder richtiger auf einem gemeinsamen Zusammenwirken mehrerer chemischer Prozesse.

Ein beständiger Wechsel des Entstehens und des Vergehens der verschiedensten chemischen Verbindungen unterhält das Leben der einzelnen Zellen; die Wechselwirkung der verschiedenen Zellenarten unter einander bedingt wiederum das Leben der Pflanze (S. 291).

Die Zelle selbst scheint durch ihre chemisch-physikalische Beschaffenheit die Bedingungen zur Bildung neuer Zellen zu begünstigen. Wir kennen im Pflanzenreich nur eine Bildung neuer Zellen im Innern bereits vorhandener. Der Mensch kann wohl Krystalle, aber keine Zellen bilden.

Mit der Zelle beginnt das Leben; Thier und Pflanze bestehen aus Zellen, ihre Organe werden aus Zellen gebildet. Nach der chemisch-physikalischen Verschiedenheit der Zellen ändert sich das

Leben. Die Pflanzenzelle ist schon bald nach ihrem Entstehen anders gebaut, als die Thierzelle, sie gebraucht andere chemische Stoffe und sie verwerthet sie anders; nur an den Grenzen beider Reiche wird die Unterscheidung schwierig (S. 14).

Aus einer Zelle entsteht das Thier, aus einer Zelle entsteht die Pflanze (S. 11). Nach der Weise, wie sich in und durch diese erste Zelle andere Zellen bilden, unterscheiden sich die niedriger und die höher organisirten Thiere und Pflanzen. Die Ausbildung der verschiedenen Zellen erfolgt in beiden Reichen nach bestimmten Gesetzen; jede Zellenart hat ihre bestimmte Verrichtung (Funktion). Das Vorhandensein oder Fehlen, die Weise der Ausbildung und die Art der Anordnung der verschiedenen Zellenarten bedingt die bestimmten Lebenserscheinungen einer Pflanze; dieselben sind demnach, wie beim Thier, von der inneren Organisation mehr oder weniger abhängig. Die äußeren Formen sind gleichfalls Folgen des gesetzmäßigen Zusammenlebens der Zellen unter einander. — Mit unerbittlicher Strenge hält die Natur auf ihre Gesetze, durch sie allein erreicht sie die Beständigkeit der Formen innerhalb gewisser Grenzen.

Wenn man die Entwickelung des Pflanzen- und des Thierkeimes genau verfolgt, so kann es nicht befremden, daß aus der ersten Zelle einer Pflanze oder eines Thieres (dem Ovulum) jederzeit eine Pflanze oder ein Thier derselben Art entsteht. In der ersten Zelle sind nämlich die Bedingungen zur Bildung mehrerer Zellen mit bestimmten Eigenschaften gegeben; die neu entstandenen Zellen bilden wieder Tochterzellen mit bestimmten Eigenschaften. Die Mutterzelle der ersten Zellengeneration wirkt demnach auf die Mutterzellen der zweiten, diese auf die Mutterzellen der dritten u. s. w. Durch bestimmte Eigenthümlichkeiten der ersten Mutterzelle eingeleitet, muß auf diese Weise ganz allmälig eine mit ganz bestimmten Eigenschaften versehene Pflanze oder ein entsprechendes Thier entstehen. Alle phanerogamen Pflanzen und alle Säugethiere entwickeln ihren Keim überdies in einem besonderen Organ (im Embryosack und in der Gebärmutter), welches mit der Stammpflanze oder mit dem

Mutterthier in directer Verbindung steht. Durch dieses Organ werden dem Keime die für ihn zubereiteten Säfte und mit denselben die Eigenthümlichkeiten der Mutter zugeführt. Die Bastardpflanzen, durch Bestäubung mit dem Blüthenstaub einer verwandten Pflanze entstanden, theilen sich deshalb mehr oder weniger in die Eigenschaften beider Pflanzenarten. Im Pollenschlauch des Blüthenstaubes entsteht die erste Zelle des Keimes, der Embryosack ernährt dieselbe und bildet sie zum Keim heran.

Aus dem Steckling, dem Pfropfreis oder aus der Knospe entsteht eine Pflanze, welche noch mehr die Eigenthümlichkeiten ihrer Mutter bewahrt. In der jungen Knospe sind schon die Hauptgewebearten angelegt, in ihr liegen demnach schon die Eigenthümlichkeiten begründet, welche sich später mehr und mehr entwickeln. Während der Same eines Bastards häufig auf die eine oder auf die andere Pflanze, welche zu seinem Entstehen beitrug, zurückschlägt, liefert die abgelöste Knospe immer eine Pflanze genau derselben Art, von der sie abstammt; gleichgültig ob von einem Bastard oder von einer reinen Species. Nur durch das gesetzmäßige Zusammenwirken der ungleichwerthigen Zellen sind diese Erscheinungen erklärbar.

Aus der Pflanze läßt sich das gesetzmäßige Zusammenwirken der ungleichwerthigen Zellen für bestimmte Zwecke am besten nachweisen; ihr fehlen die inneren Ernährungsorgane. Sie nimmt durch ihre Oberfläche auf und scheidet durch dieselbe ab, sie ist einfacher gebaut als das Thier; ihre Erzeugnisse sind größtentheils anderer Art als im Thierreich, weil ihre Bedürfnisse anderer Art sind und weil der chemisch-physikalische Prozeß in ihren Zellen ein anderer ist. Die Pflanze braucht mehr Kohlenstoffnahrung, das Thier verlangt mehr Stickstoffnahrung. Die Pflanze scheidet im Allgemeinen mehr Sauerstoff ab, sie bindet mehr Kohlenstoff; das Thier nimmt dagegen mehr Sauerstoff auf, es giebt mehr Kohlenstoff ab. Die Pflanze wirkt demnach mehr desoxydirend, das Thier mehr oxydirend.

Die Pflanze bildet zunächst Kohlenhydrate, z. B. Pflanzenzellstoff, Stärkmehl, Gummi, Zucker u. s. w.; das Thier erzeugt nur krankhafter Weise, z. B. bei der Zuckerruhr, ein Kohlenhydrat, den Zucker; der Zellstoff ist bis jetzt nur bei den niedrigsten Thieren, den Ascidien, Salpen und den Spongien, gefunden. Im Thiere ist der Stickstoffgehalt ungleich größer als in der Pflanze, der Lebensprozeß des Thieres ist deshalb rascher als bei der Pflanze; die stickstoffreichen thierischen Gewebe verwesen deshalb leichter als eben so weiche pflanzliche Theile. Die Pilze wachsen wahrscheinlich wegen ihres großen Stickstoffgehaltes schneller, sie verwesen deshalb auch schneller als andere Pflanzen; ihre Erzeugnisse sind meistens anderer Art als bei den höher entwickelten Pflanzen, welchen der Stickstoff nicht so reichlich zugemessen ist. So ist das Leben des Thieres wie der Pflanze an die chemischen Stoffe gebunden, es ist ein Ausdruck, gewissermaßen eine Erscheinungsweise bestimmter Veränderungen dieser Stoffe.

Die höhere Pflanze hat dreierlei, der Verrichtung nach durchaus verschiedene, Gewebe. 1. Ein Oberhautgewebe, welches die Nahrungsstoffe aus der Luft, dem Boden und dem Wasser aufnimmt und andere Stoffe wieder abscheidet. Während die eigentliche Oberhaut die Aufnahme und die Abscheidung der Stoffe bewirkt, so hemmt der Kork, welcher sich in bestimmter Weise und zu bestimmter Zeit entwickelt, die auffaugende und abscheidende Thätigkeit der Oberhaut, die unter ihm abstirbt. 2. Ein Nahrungsgewebe (das Parenchym), welches zunächst die Kohlenstoffverbindungen verwerthet und der Pflanze Nahrungsstoffe, z. B. Stärkmehl ꝛc., bereitet. 3. Ein zur Fortbildung der Zellen in bestimmter Weise dienendes Gewebe, das sowohl den Vegetationspunkt der Stamm- und Wurzelknospe, als auch den Verdickungsring und die Gefäßbündel entwickelt und zum Theil die Fähigkeit besitzt, alle anderen Gewebearten zu erzeugen. Reich an stickstoffhaltigen Substanzen, fehlen diesem Gewebe, so lange es neue Zellen bildet, feste Kohlenhydrate. Die Holzzellen und die Gefäße sind nur zur Zeit ihrer

Entwickelung mit Zellsaft erfüllt, späterhin enthalten sie Luft. Im ausgebildeten Keim, desgleichen in der Knospe des Herbstes sind alle drei Gewebearten, der Anlage nach, bereits vorhanden, aus ihnen entwickeln sich ganz allmälig die verschiedenen Zellenarten und Zellenformen.

Der Saftaustausch innerhalb der Pflanze erfolgt durch Diffusion allein. Die Wege der Saftführung sind für bestimmte chemische Stoffe verschieden (S. 297).

Der Stamm und die Wurzel wachsen nur deshalb durch Bildung neuer Zellen an ihrer Spitze, weil hier ein zur Bildung sämmtlicher Zellenarten fähiges Gewebe, der sogenannte Vegetationspunkt, liegt. Der Stamm kann Blätter bilden, weil sein Vegetationspunkt nach außen frei liegt, d. h. nicht von älteren Zellen bedeckt ist; die Wurzel kann keine Blätter bilden, weil ihr Vegetationspunkt nicht frei liegt, vielmehr nach außen hin Zellenschichten zur Wurzelhaube ausbildet; das Blatt kann aus sich keine neue Blätter bilden, weil seiner Spitze der Vegetationspunkt fehlt.

Der Stamm und die Wurzel wachsen zunächst durch ihren Vegetationspunkt. Die Neubildung der Zellen erfolgt zunächst unter demselben, die dort entstandenen Zellen verlängern sich später, sie bilden bisweilen noch in beschränkter Weise neue Zellen. Der Vegetationspunkt unserer Bäume wächst nur periodisch, die Stammknospe schließt sich zu einer bestimmten Zeit durch Ausbildung von Deckschuppen, unter deren Schutz schon im Sommer oder Herbst die Anlage des neuen Triebes entsteht. Die Deckschuppen schützen den jungen Trieb vor dem Frost des Winters. — Der Vegetationspunkt der Wurzel schließt sich durch ein Absterben seiner äußeren Zellenschichten, die Wurzelspitze wächst erst im Frühjahr weiter. Das Längenwachsthum ist beendigt, sobald der Trieb des Jahres ausgebildet ist und unter den Deckschuppen der Knospe die Anlage zu einem neuen Triebe entsteht. Das Herbstholz bildet sich, wenn die Knospe geschlossen ist (S. 112). Theile des Stammes und der Wurzel, im vorigen Jahre gebildet, verlängern sich nicht mehr.

Der Stamm und die Wurzel unserer Bäume verdicken sich durch den Verdickungsring, in demselben entstehen die ersten Gefäßbündel, durch denselben bilden sie sich weiter; die Weise ihrer Fortbildung ist bei den monocotyledonen und dicotyledonen Pflanzen verschieden. Bei den letzteren entsteht alljährlich, durch Vermittlung des Verdickungsringes, nach innen ein neuer Jahresring, nach außen eine neue Rindenlage. Wenn der Verdickungsring zu einer bestimmten Zeit verholzt (bei einigen Palmen), so verdickt sich der Stamm oder die Wurzel nicht mehr. Eine Wurzel mit verholztem Verdickungsring bildet nur in sehr seltenen Fällen neue Seitenwurzeln.

Die Rinde der Bäume zerfällt in ursprüngliche (primäre) und in nachgebildete (secundäre) Rinde. Die erste ist schon im Keime vorhanden, die letzte entsteht erst nach der Keimung durch den Verdickungsring, sie wächst, wie der Holzring, durch den letzteren. In der primären Rinde der Nadelbäume liegen die Harzgänge, in der secundären Rinde entstehen die Bastzellen; letztere wird, gleich dem Holzring, von Markstrahlen durchsetzt. Die Borke bildet sich durch Korkbildung in der secundären Rinde; jede Korkbildung verhindert die Diffusion, sie bewirkt deshalb das Absterben der außerhalb einer solchen Schicht liegenden Zellen. Jeder Theil einer Wurzel oder eines Stammes, den eine Korkart oder gar eine Borke bekleidet, ist nach außen hin unthätig; deshalb kann nur der jugendliche Theil der Wurzel, desgleichen nur der noch grün gefärbte Zweig Nahrungsstoff aufnehmen.

Die Blätter sind Organe des Stammes, ihre Spitze entsteht zuerst; sie wachsen in sehr verschiedener Weise, zum Theil durch die Art ihrer Nervatur bedingt, weiter. Die mit einem Blattgelenk versehenen Blätter werden durch dasselbe in bestimmter Weise abgeworfen. Die in der Luft wachsenden Blätter sorgen für Luftnahrung, sie sind mit Spaltöffnungen versehen. Durch Einwirkung des Lichtes ist in ihnen Blattgrün entstanden; die meisten Blätter sind grün gefärbt. Pflanzen, welche keine Blätter ausbilden, sind

zu deren Ersatz mit einer, in ähnlicher Weise thätigen, Rinde bekleidet. Untergetauchte Blätter haben keine Spaltöffnungen, schwimmende Blätter tragen dieselben an ihrer Oberfläche (S. 152). Die regelmäßige Stellung der Blätter am Stamm wird durch ihre Entwicklungsweise unter dem Vegetationspunkt der Stammknospe veranlaßt, dasselbe gilt für die Stellungsverhältnisse der blattartigen Blüthentheile.

In der Stammknospe liegt die Anlage zum Stamm, in der Wurzelknospe schlummert die Anlage zur Wurzel; beide Knospen können überall entstehen, wo Gefäßbündel in einem fortbildungsfähigen Gewebe liegen. Die Axillarknospe entsteht sehr bald nach der Anlage des Blattes, in dessen Achsel sie auftritt. Nachdem sie einige Deckschuppen gebildet, bleibt sie in der Regel für längere Zeit unthätig. In der Achsel eines älteren Blattes entsteht keine neue Knospe. Der Vegetationspunkt des Stammes kann aber auch, ohne zuvor ein Blatt zu bilden, sofort eine neue Knospe entwickeln (er theilt sich S. 105). Die eigentliche Nebenknospe entsteht am Verdickungsringe des Stammes oder der Wurzel, demnach im Innern der Rinde. Die Samenknospen entwickeln sich dagegen an der Oberfläche der Knospenträger. Die nothwendigen Bedingungen sind für alle diese Fälle dieselben. — Der Keim der höheren Pflanze ist sowohl mit der Anlage zur Stammknospe, als auch mit einer Wurzelknospe versehen.

Aus der Stammknospe kann eine Blüthe werden. Die Blätter der Knospe werden als Kelch- und Blumenblätter, desgleichen als Staubfäden und Fruchtblätter verwerthet. Der Stammtheil der Knospe wird zum Blüthenboden, er kann aber auch aus sich einen Fruchtknoten bilden. Im Fruchtknoten, oder in der Fruchtschuppe der Nadelhölzer, entstehen wiederum Stammknospen, welche zu Samenknospen werden. In den Staubbeuteln der Staubfäden entwickelt sich der Blüthenstaub, dessen Pollenschlauch in die Samenknospe eindringt; aus einer im Pollenschlauch entstandenen Zelle bil-

det sich im Embryosack der Keim des neuen Samens. Der Fruchtknoten wird zur Frucht, der Same keimt, aus ihm entsteht eine neue Pflanze derselben Art.

Das ältere, nicht mehr Saft führende Holz dient der Pflanze und namentlich dem Baum zur Festigkeit, wahrscheinlich auch zur Aufnahme der Gase, welche der chemische Prozeß der lebenden Zellen im Innern der Pflanze abscheidet. Die Knochen der Thiere, deren Zellenwände durch Aufnahme gewisser Kalksalze erhärtet sind, lassen sich etwa dem Holz vergleichen. Die höhere Pflanze bedarf, da sie ihren Standort nicht verläßt, keiner Bewegungsorgane, ihr Holzskelett hat keine Gelenke, sie bedarf keiner Muskeln und keiner Nerven, welche die Glieder des thierischen Körpers bewegen. — Ohne Nervensystem, besitzt sie auch keine Empfindung, ihr fehlt das Bewußtsein. Das Thier, mit einem Nervensystem begabt, empfindet; je höher das letztere entwickelt ist, um so größer sind seine geistigen Fähigkeiten.

Mit Ausnahme der niedrigsten Pflanzen (der Algen, Pilze und Flechten) erscheint das Zusammentreffen zweier Bildungen zur Entstehung eines Keimes nothwendig; bei allen höheren Thieren ist eine Begattung zur Entstehung eines Keimes nicht minder Bedingung. Die Schwärmfäden der höheren Kryptogamen entsprechen den Samenfäden des Thierreiches. Das Ei, die erste Zelle des Säugethiers, bildet sich innerhalb der Gebärmutter des Weibchens zum jungen Thier heran; die erste Zelle des phanerogamen Pflanzenkeimes wird im Embryosack der Samenknospe ausgebildet. Das junge Thier entwickelt sich allmälig zum vollkommenen, wieder zeugungsfähigen Thier; bisweilen werden mancherlei Entwicklungszustände durchlaufen (der sogenannte Generationswechsel einiger niederer Thiere). Die junge Pflanze entfaltet sich eben so allmälig; sie bedarf oft vieler Jahre, um Blüthen und Früchte zu tragen; die höheren Kryptogamen entwickeln erst aus dem Vorkeim die vollkommene Pflanze.

Die drei Reiche der Natur sorgen gegenseitig für einander.

Das Gestein verwittert, Pflanzen und Thiere sterben, neue Bildungen entstehen aus ihren Grundstoffen.

Das Verhältniß der Grundstoffe, welche im Umtrieb sind, zu einander, kann sich unter Umständen verändern. Durch das fortgesetzte Verwittern der kieselhaltigen Urgesteine (Granit, Porphyr ꝛc.) muß sich z. B. die Menge der im Umlauf befindlichen, d. h. dem Stoffwechsel dienenden, Kieselsäure und anderer mineralischer Stoffe vermehren. Durch die Abnahme der Wälder, welche geschichtlich bewiesen ist, muß dagegen dieselbe Menge der für den Wald nothwendigen Grundstoffe eine andere Verwendung finden. Das Pflanzenreich scheint demnach im Abnehmen, das Thierreich im Zunehmen. In der sogenannten Urzeit, d. h. der Zeit, für welche uns nur die Ueberreste in den Erdschichten Kunde geben, scheint es anders gewesen zu sein. Die Menge des im Umlauf begriffenen Stickstoffes kann sich, da selbiger in den eigentlichen Gesteinen nicht vorhanden ist, so weit unsere jetzige Kenntniß reicht, nicht wesentlich vermehren; seine einzige Vermehrungsquelle möchte bei der Verbrennung der Steinkohle und Braunkohle zu suchen sein, dies Quantum möchte aber mit der Vermehrung mineralischer Grundstoffe durch die fortwährend verwitternde Oberfläche der Gesteine nicht im Verhältniß stehen. Es scheint demnach, als ob überhaupt das Mengenverhältniß der im Umlauf begriffenen Elemente zu einander sich innerhalb einer gegebenen Zeit ändern müßte. Eine Aenderung im Verhältniß der thätigen Grundstoffe muß aber allmälig auf die Bildungen an der Erdoberfläche, so namentlich auf die Pflanzen- und Thierwelt, zurückwirken; die Entwickelungs-Perioden der Erde mit ihrer Flora und Fauna sind vielleicht zum großen Theil durch derartige, ganz allmälig wirkende, Einflüsse bedingt worden.

Die absolute Menge der Grundstoffe bleibt sich ewig gleich, aber die relative Menge der im Umlauf befindlichen Grundstoffe kann sich nach Umständen ändern. Die nicht verwitterten Theile des Gesteins sind nicht im Umlauf, in ihnen ruht der chemische

Prozeß, die verwitterten Theile desselben Gesteins dienen dagegen dem Stoffwechsel, indem sie neue chemische Verbindungen eingehen, von der Pflanze, vom Thier aufgenommen oder anderswie verwerthet werden. Der Stoffwechsel unterhält das Leben des Thieres und der Pflanze, beide üben so gut ihren Einfluß auf die Luft, wie die letztere auf sie einwirkt. Im Thierreich kreisen die Stoffe im Allgemeinen schneller als im Pflanzenreich, im Mineralreich ruhen sie unter gewissen Verhältnissen gänzlich.

Die Naturgesetze greifen in einander, alles Vorhandene ist ihre nothwendige Folge. Zweckmäßig ist in der Natur Alles, weil es so sein muß; wäre es anders, so könnte es nicht sein.

Anhang.

Zusätze und Verbesserungen*).

Zu S. 5. Die Rüster (die Ulme), von Endlicher zu den Juliflorae gezählt, verdiente wohl einen anderen Platz. Ihr Blüthenstand ist ein Köpfchen, später eine Dolde. Jede Einzelblüthe hat ihre Staubfäden und ihren Fruchtknoten.

Zu S. 80. Die Benennung Vegetationskegel statt Vegetationspunkt wäre vielleicht anschaulicher; ebenso wäre Verdickungsrohr anschaulicher als Verdickungsring (vergl. J. Hanstein, Untersuchungen über die Baumrinde. S. 89).

Zu S. 87. Auch bei der Esche zeigt sich nicht selten der Uebergang von der Deckschuppe zum Laubblatt. — Die Knospe der Eiche hat 5—6 Kreise von Deckschuppen, wo Nebenblätter und Mittelblatt gewissermaßen vereinigt auftreten, dann folgen, wie bei der Keimung (S. 68), Nebenblätter als Deckschuppen entwickelt; das Mittelblatt zwischen ihnen ist nur der Anlage nach vorhanden, darauf wieder Nebenblätter als Deckschuppen, das Mittelblatt als Laubblatt ausgebildet. Die Knospe der Buche hat, zur Zeit ihres Aufbrechens, ebenfalls mehrere Kreise ganzrandiger Deckschuppen; Laub- und Nebenblatt sind auch hier nicht getrennt; die höher gelegenen Deckschuppen sind in der Regel tief getheilt, in Mittelblatt

*) Da ich meine Untersuchungen nicht unterbrochen habe, so scheinen mir hie und da Zusätze nothwendig; der geneigte Leser wolle dieselben berücksichtigen und entschuldigen.

und Nebenblätter gespalten. Die männlichen Blüthenstände entspringen sowohl bei der Eiche als bei der Buche aus der Achsel einer Deckschuppe, selten aus der Achsel eines Laubblattes. Die Knospe der Hainbuche hat ebenfalls mehrere Kreise ungetheilter Deckschuppen (Mittelblatt und Nebenblätter vereinigt). Die männlichen Blüthenstände entspringen wie bei der Buche. Die Birke hat nur einen Kreis ungetheilter Deckschuppen; die Erlenknospe besitzt keine ungetheilte Deckschuppen; die Nebenblätter decken hier in der Knospe das Laubblatt (Taf. 5, Fig. 6). Viburnum Lantana, mit gegenständigen Blättern, hat gar keine Knospenschuppen, ein dichter Ueberzug sternförmiger Haare schützt in der Knospe das freiliegende Laubblatt. — Die ungetheilten Deckschuppen der genannten Knospen fallen ab, die verkürzten Stengelglieder ihrer Kreise bezeichnen späterhin, gleich den Schuppenansätzen der Nadelhölzer, die Wachsthumsperioden der Zweige. Der Ausdruck Mittelblatt scheint mir überall passend, wo sich die Nebenblätter anatomisch nicht von letzterem unterscheiden.

Zu S. 93. Die Eiche, die Buche und die Hainbuche zeigen die Narben mehrerer Deckschuppenkreise, bei der Birke erscheint nur die Narbe eines Kreises. Die Wachsthumsperioden des Erlenzweiges sind allein nach den kürzeren Stengelgliedern, welche sich bei jedem neuen Jahrestrieb zuerst ausbilden, und deshalb weniger verlängern, erkennbar.

Zu S. 96. Die Endknospe der Zweige stirbt bei der Heidelbeere (Vaccinium Myrtillus) regelmäßig ab; jeder Zweig endet zahnförmig, eine Achselknospe verlängert ihn im kommenden Jahr. Beim Sanddorn (Hippophaë) wird die Spitze des Zweiges dornartig, neue Zweige entstehen aus den Achselknospen. Die Spitzen der Zweige des Maulbeerbaumes erfrieren in unserer Gegend sehr häufig.

Zu S. 100. Die Spitze der Wurzel schließt sich im Spätherbst durch ein Absterben ihrer Außenrinde; die Wurzel nimmt fortan, wie es scheint, keine Nahrung aus dem Boden; im Frühjahr treibt sie von neuem weiter.

Zu S. 123. Der Zweig verlängert sich durch eine Ausdehnung seiner Stengelglieder, dieselbe erfolgt, wie es scheint, bei unseren Bäumen von unten auf; die unteren Stengelglieder erheben sich zuerst, ihr Gefäßbündelring verholzt auch zuerst, daher sind die ersten Stengelglieder jeder Wachsthumsperiode fast bei allen Bäumen kürzer als die folgenden; die letzten Stengelglieder sind in der Regel am längsten. Die jungen Triebe vieler Bäume, so namentlich der Buche hängen anfänglich herab; wenn ihre Gefäßbündel verholzt sind, erheben sich dieselben.

Zu S. 126. Sobald der Trieb der Buche, der Eiche, der Tanne, der Kiefer u. s. w. aus den Deckschuppen seiner Knospe hervorbricht, enthalten die Gefäßbündel seiner Stengelglieder nur Ring- und Spiralgefäße; erst wenn sich die Stengelglieder nicht mehr verlängern, entstehen die Holzzellen und bei der Buche und Eiche neben ihnen getüpfelte Gefäße. In der Markscheide der sehr verlängerten Stengelglieder findet man, namentlich bei der Buche, die Spiralbänder und Ringe der zuerst entstandenen Gefäße, durch die bedeutende Verlängerung der Gefäßzellenwand, so sehr aus ihrer früheren Lage gebracht, daß sie verworren durch einander liegen; es folgen darauf wohl erhaltene Spiral- und Ringgefäße, deren Ausbildung wie auf S. 125 von der Balsamine angegeben. Mir wird es demnach mehr als wahrscheinlich, daß die Bildung des Spiralbandes, desgleichen der Ringe, in den Verdickungsschichten die nothwendige Folge einer bestimmten Ausdehnung der Zellwand ist. Die verdickten Partien der letzteren strecken sich natürlich schwieriger, als die zartwandigen Stellen der Zellwand, die Diffusion erfolgt zunächst durch letztere, und hindert deshalb wahrscheinlich auch später vielfach die Verdickung der zartwandigen Theile zwischen dem Spiralband oder den Ringen. Daß die Spirale als solche keine Bedeutung hat, zeigt das häufige Vorkommen der Ringe, und der Uebergang der Spirale in dieselben. Auch die Holzzellen von Taxus verlängern sich, wie jede Holzzelle, nachdem sie durch Längstheilung einer Cambiumzelle entstanden ist; das Spiralband kann demnach

auch hier sehr wohl als Folge einer Verlängerung der Holzzelle betrachtet werden, welche auf die Verdickung derselben zurückwirken mußte.

Zu S. 130. Die Kiefer bildet nur im krankhaften Zustande Nebenknospen, z. B. am Herenbesen (S. 133), oder wenn sie im jugendlichen Zustande von Schafen verbissen, d. h. ihrer Spitzen beraubt wird. Wenn der Kiefernmarkkäfer den Baum befällt, so treibt der Vegetationspunkt zwischen den Doppelnadeln bisweilen junge verlängerte Zweige.

Zu S. 159. Die Ranken des Weinstocks und des wilden Weines sind Stammorgane, sie besitzen einen Vegetationspunkt, bilden unter demselben schuppenartige Blätter und verzweigen sich durch Knospenbildung. Diese Ranken treten frei aus dem Stamm, d. h. nicht aus der Achsel eines Blattes hervor. Dornen können, wie wir gesehen, sowohl aus einem Stammtheil, als aus einer Wurzel, und gleichfalls aus einer Blattanlage entstehen (S. 370, S. 191 u. S. 159).

Zu S. 267. Das Köpfchen (Capitulum) ist ein Blüthenstand, dessen kurzgestielte Einzelnblüthen nahebei aus einem Punkt entspringen, weil die Achse, welche diese Blüthen trägt, ihre Stengelglieder nicht verlängert hat. Verlängert sich der Blüthenstiel der Einzelnblüthen, so wird das Köpfchen zur Dolde (Umbella). Bei der Aehre (Spica) stehen die kurzgestielten Einzelnblüthen um eine Axe (Spindel, Rachis), deren Stengelglieder sich mehr oder weniger verlängert haben. Wenn sich der Blüthenstiel der Einzelnblüthen verlängert, so wird die Aehre zur Traube (Racemus). Es muß demnach Uebergänge von einem Blüthenstand zum andern geben (vergl. S. 270).

Zu S. 270. Meine neuesten Untersuchungen von diesem Frühjahr (1853) ergeben für die weibliche Blüthe einiger Laubbäume mancherlei Interessantes. Der Text ist deshalb mehrfach zu verbessern.

Die weibliche Blüthe der ächten Cupuliferen (der Eiche, der Buche, der Kastanie) besteht aus einer Cupula und aus zwei Blattkreisen. Die Anlage der Cupula entsteht als ringförmiger oder

getheilter Wulst (Discus) zuerst unter dem Vegetationspunkt der Blüthenknospe, darauf erscheinen die Blätter des ersten Blattkreises, welche später dicht unter den Narben, dem zweiten Blattkreis, stehen und bei der Eiche mit letzteren alterniren. Jetzt erhebt sich die Cupula, sie bildet nach ihrer freien Seite hin, gleich dem Vegetationspunkt einer Knospe, hintereinander zahlreiche Blattkreise, deren Elemente anfänglich mit einander abwechseln, später aber sich der Zahl nach vermehren. Die Stengelglieder zwischen den Blattkreisen der Cupula verlängern sich nur wenig. Die letztere ist bei der Eiche von Anfang an napfförmig; bei der Buche und Kastanie dagegen von Anfang an viertheilig. Nachdem die Anlage der Cupula entstanden ist, theilt sich bei der Buche und der Kastanie der Vegetationspunkt der Blüthenknospe; bei der Buche in zwei, bei der Kastanie in drei oder mehrere Theile. Jede Knospe, durch Theilung innerhalb der Cupula entstanden, bildet nunmehr ihrerseits ihre beiden Blattkreise. Anfänglich ist sowohl bei der Eiche als bei der Buche noch keine Fruchtknotenhöhle vorhanden, später erhebt sich der Grund der Blüthenknospe unterhalb der Narbe und den Kronenblättern (dem ersten Blattkreis). Den Rändern der Nebenblätter entsprechend, treten die Knospenträger wandständig hervor; jeder derselben bildet zwei Samenknospen, mit doppelter Knospenhülle (halbgewendet, hemianatrop). Die Knospenspitze der Blüthe erhebt sich innerhalb der Fruchtknotenhöhle, sie verwächst mit den wandständigen Knospenträgern; der Fruchtknoten ist deshalb nur in seinem oberen Theile einfächerig mit wandständigen Knospenträgern, weiter abwärts dagegen mehrfächrig (bei der Eiche zwei- bis vierfächerig, bei der Buche dreifächerig). Die Zahl der Fächer entspricht der Zahl der Knospenträger, und letztere wiederum der Zahl der Narben. — Als Blüthenstand betrachte ich die Cupula. Bei der Buche entsteht dieselbe aus der Endknospe eines besonderen Zweiges, bei der Eiche bildet sie sich sowohl aus der Endknospe als aus den Achselknospen eines eigenen Zweiges. Bei Quercus sessiflora bleiben die Stengelglieder zwischen den Achselknospen dieses Zweiges

verkürzt, bei Quercus pedunculata verlängern sich dieselben; nur selten werden alle Blüthenknospen ausgebildet.

Die weibliche Blüthe der Hainbuche (Carpinus) und des Haselstrauchs (Corylus) hat drei Blattkreise, ihr fehlt der Discus, welcher die Cupula der ächten Cupuliferen entwickelt. Der erste Blattkreis besteht bei Carpinus aus einem Blatt, welches tief dreitheilig, dem Mittelblatt und seinen Nebenblättern entspricht; beim Haselstrauch dagegen aus zwei Blättern, welche, wie zahlreiche Uebergänge zeigen, den beiden Nebenblättern entsprechen, das Mittelblatt ist nur der Anlage nach vorhanden. Dem ersten Blattkreise, aus welchem die falsche Cupula hervorgeht, folgt ein zweiter, dessen Blättchen später zahnähnlich unfern der Narbe stehen; dieser Blattkreis entspricht den Kronblättern (dem ersten Blattkreise) der ächten Cupuliferen. Darauf folgen als letzter Blattkreis zwei Narben. Die Fruchtknotenhöhle bildet sich erst später, indem der Grundtheil der Blüthe über dem ersten Blattkreise (über der falschen Cupula) sich erhebt. Zwei wandständige Knospenträger entsprechen den Rändern der beiden Narbenblätter, nur einer derselben entwickelt zwei Samenknospen, mit einer einfachen Knospenhülle versehen. Die Spitze der Blüthenknospe erhebt sich wie bei der Eiche und Buche in die Fruchtknotenhöhle, sie verwächst mit den wandständigen Knospenträgern, der Fruchtknoten wird deshalb zweifächrig. Die falsche Cupula der Hainbuche und der Haselnuß ist kein Blüthenstand; als Einzelblüthe erscheint dieselbe paarweise in der Achsel eines Deckblattes; der Blüthenstand, welcher diese Deckblätter mit ihren Einzelblüthen trägt, ist beim Haselstrauch ein Köpfchen, bei der Hainbuche eine Aehre.

Die weibliche Blüthe der Betulineen (die Birke und Erle) hat nur einen einzigen Blattkreis (die beiden Narben), der Grund unter den letztgenannten erhebt sich später; den Rändern der Narbenblätter entsprechend, erscheinen zwei wandständige Knospenträger; nur einer derselben entwickelt, wie bei der Hainbuche und dem Haselstrauch, zwei Samenknospen mit einfacher Knospenhülle; der

Fruchtknoten ist wie dort zweifächrig. Bei der Birke erscheinen in der Achsel eines Deckblattes drei Einzelblüthen, wahrscheinlich dem Mittelblatt und seinen Nebenblättern entsprechend; bei der Erle bilden sich nur zwei Einzelblüthen, das Mittelblatt bleibt, wie es scheint, steril. Der Blüthenstand beider eine Aehre.

Die Hainbuche und die Haselnuß können demnach nimmermehr als wahre Cupuliferen betrachtet werden, sie stehen zwischen denselben und den Betulineen, jedoch den letztgenannten ungleich näher; ihnen fehlt die wahre Cupula, ihr Fruchtknoten ist ganz anders gebaut, ihre Samenknospen entsprechen den Betulineen; ihr Fruchtstand ähnelt denselben. Ihre Staubfäden (sowohl die Hainbuche und der Haselstrauch, als auch die Erle und Birke besitzen Staubfäden mit gespaltenem Filament, die beiden Seitenflächen der Antheren sind getrennt, was bei den ächten Cupuliferen nicht der Fall ist), desgleichen ihr Blüthenstaub (die ächten Cupuliferen haben Pollenkörner mit drei Oeffnungen, welche, ohne Wasser betrachtet, in einer Falte liegen; diese Falte fehlt dem Blüthenstaub der Hainbuche und des Haselstrauchs) entsprechen den Betulineen. Das Holz und die Rinde des Haselstrauchs zeigt überraschende Aehnlichkeiten mit dem Erlenholz (S. 212), auch das Holz der Hainbuche hat mit dem Holz der ächten Cupuliferen wenig gemein.

War schon der Uebergang von den ächten Cupuliferen durch die falschen Cupuliferen (Carpinus und Corylus) zu den Betulineen ein neuer, schlagender Beweis gegen die scharfen Grenzen unserer Systeme, so gehen wir mit der Wallnuß noch einen Schritt weiter. Die weibliche Blüthe der letztgenannten hat einen, bisweilen zahnförmig gekerbten, Ring, welcher vielleicht der Anlage einer wahren Cupula entsprechen könnte, über dessen Bedeutung, da er sich nicht weiter entwickelt, jedoch nicht zu streiten ist; darauf folgen drei zweigliedrige Blattkreise, deren Elemente mit einander wechseln. Die beiden ersten Kreise bleiben schuppenartig, die Blätter des letzten Kreises werden zu den beiden Narben. Der Grund der Blüthenknospe erhebt sich, durch ihn werden sowohl die Cupula (?)

als sämmtliche Blattkreise gehoben. Den beiden Nebenblättern entsprechend, erscheinen die Anlagen zu zwei wandständigen Knospenträgern, selbige bilden sich nicht aus, sie entwickeln keine Samenknospen; die Stammspitze der Blüthenknospe verlängert sich dagegen, sie selbst wird zur einzigen, aufrechten Samenknospe mit einfacher Knospenhülle.

Während bei den ächten Cupuliferen sämmtliche Knospenträger ihre beiden Samenknospen entwickeln, dagegen bei den falschen Cupuliferen und den Betulineen nur die Knospenträger der einen Seite fruchtbar sind, bleiben für die Wallnuß die Knospenträger beider Seiten steril; der Stammtheil der Blüthe trägt hier eine Samenknospe, während er dort, steril bleibend, mit den Knospenträgern verwächst.

Die Wand des Fruchtknotens der ächten und falschen Cupuliferen, desgleichen der Betulineen und Juglandeen ist demnach eher als Blatt wie als Stamm zu betrachten. Das Mittelsäulchen, welches die Samenknospe der Wallnuß trägt, in den übrigen Fällen aber mit den wandständigen Knospenträgern verwächst, kann nur als Stammorgan gedeutet werden. Stamm und Blatt lassen sich in der Blüthe bisweilen nicht mehr scharf unterscheiden. Alle unsere Begriffsbestimmungen überhaupt sind von und für Menschen gemacht, die Natur kennt selbige nicht; sie folgt ihren eigenen Gesetzen. Alle Systeme, alle Definitionen sind mangelhaft; je mehr sie sich an die ersten Grundgesetze der Natur anlehnen, um so besser sind dieselben. Die systematische Botanik wird von der Anatomie und Physiologie noch viel zu lernen haben; andererseits wird unsere Richtung der Hülfe der Systematiker nicht entbehren können; beide Disziplinen der Wissenschaft müssen, zum Nutzen der letzteren, Hand in Hand mit einander gehen.

Zu S. 280. Die Pollenschläuche der Buche verzweigen sich, ins Innere der Fruchtknotenhöhle gelangt, vielfach; in den Knospenmund einer Samenknospe treten oftmals zehn bis zwölf Pollenschläuche.

Zu S. 302. Im Leutenberger Forstrevier sah ich an der Abendseite einer Bergwand junge Buchen, durch Selbstbesamung unter alten Tannen und Buchen erzogen. Vor einigen Jahren licht gestellt, gedeiht der junge Bestand vortrefflich. Alte Bäume schützen ringsum die Buchenverjüngung (etwa 12—16jährig) vor schädlichen Winden. Der Landjägermeister von Holleben, welcher dieselbe anlegen ließ, hofft auch hier einen gemischten Bestand zu erziehen; die jungen Tannen sind augenblicklich noch hinter den Buchen zurück (Vergl. S. 323).

Zusammenstellung der anatomischen Verhältnisse der wichtigeren Holzarten.

I.

A. Holz aus Markstrahlen und Holzzellen bestehend, keine Gefäßzellen.

Alle Nadelhölzer (Ephedra und Gnetum ausgenommen).

B. Holz aus Markstrahlen, Holzzellen und Gefäßzellen bestehend.

Alle Laubhölzer, ferner Ephedra und Gnetum.

II.

A. Markstrahlen einerlei Art; entweder einreihig oder mehrreihig.

a) Einreihig bei allen wahren Nadelhölzern, bei der Weide, der Pappel, der Birke, der Erle, der Hainbuche, dem Haselstrauch, der Linde, der Roßkastanie und dem Ebenholz.

b) Mehrreihig und lang bei Ephedra, Gnetum, beim Ahorn, bei der Esche, der Ulme, beim Pflaumen- und Apfelbaum, bei der Platane und dem Weinstock.

c) Mehrreihig und kurz, Verlauf der Holzzellen deshalb geschlungen.

Der Ginster, der Heckensame (Ulex), das Mahagoni-, Polysander-, Fernambuc- und Campescheholz.

B. Markstrahlen zweierlei Art, wirklich oder scheinbar.
 a) Breite und schmale Markstrahlen wirklich vorhanden.
 Die Eiche und die Buche.
 b) Nur scheinbar vorhanden (S. 212).
 Die Erle und der Haselstrauch.

III.

A. Holz ohne Harzgänge und ohne Harzzellen.
 Alle Laubhölzer, ferner die Tanne.
B. Holz mit Harzgängen.
 Die Fichte, die Kiefer, das Knieholz und die Lerche.
C. Holz mit Harzzellen.
 Der Eibenbaum, der Wachholder und die Cypresse.

IV.

A. Holz ohne Holzparenchym.
 Alle Nadelhölzer, ferner die Weide, die Pappel, die Birke, die Esche, die Roßkastanie und die Platane.
B. Holz mit Holzparenchym.
 a) Das Holzparenchym ohne Spiralband.
 Die Eiche, die Buche, die Kastanie, der Weinstock, der Apfel- und der Pflaumbaum.
 b) Das Holzparenchym mit Spiralband.
 Die Ulme, der Ginster und der Heckensame (Ulex).

V.

A. Getüpfelte Gefäßzellen mit Spiralband.
 a) Deutlich ausgebildet.
 Die Linde, die Prunusarten, die Hainbuche, der Ahorn und die Roßkastanie.
 b) Schwach ausgebildet bei der Esche.
B. Getüpfelte Gefäßzellen ohne Spiralband.
 Die Eiche, die Buche, die Birke, die Weide, die Pappel &c.

VI.

A. Die Querwand der Gefäßzellen von einem runden Loch durchbrochen.

Die Eiche, die Buche, die Kastanie, die Hainbuche, die Pappel, die Weide (Salix fragilis), die Wallnuß, die Esche, die Roßkastanie, die Linde, der Apfel-, der Pflaum- und der Kirschbaum.

B. Die Querwand der Gefäßzellen leiterförmig durchbrochen.

Die Birke, die Erle, die Haselnuß, die Platane, der Mehlbaum (Viburnum Lantana), der Buchsbaum.

C. Die Querwand von einer oder von mehreren Reihen kleiner runder Löcher durchbrochen.

Ephedra.

VII.

A. Holzzellen ohne Spiralband.

Bei den meisten Laub- und Nadelhölzern. — Im Herbstholz erscheinen hier und da, z. B. bei der Fichte, Andeutungen der Spirale.

B. Holzzellen sämmtlich mit entwickeltem Spiralband.

Der Eibenbaum (Taxus) und der Weinstock.

VIII.

A. Holzzellen des Stammes nur mit einer Tüpfelreihe, die Holzzellen der Wurzel mit 1—3 Tüpfelreihen.

Sämmtliche Coniferen und Laubhölzer (Araucaria ausgenommen).

B. Holzzellen des Stammes mit mehreren Tüpfelreihen.

Araucaria.

Zusammenstellung der anatomischen Verhältnisse einiger Rinden.

I.

A. Rinde ohne Borkenbildung.

Die Buche, die Hainbuche, die Mistel, die Stechpalme (Ilex), der Schneeball (Viburnum) und die eigentlichen Korkbäume.

B. Rinde mit Borkenbildung.

Sämmtliche übrige von mir untersuchte Bäume.

a) Die Borkenbildung erfolgt erst nach 50—100 Jahren.
Die Tanne.

b) Die Borkenbildung erfolgt schon im zweiten Jahre.
Der Weinstock.

II.

A. Rinde von einem glatten Lederkork (Periderma) bedeckt, ohne Risse.

a) Der Lederkork nicht abblätternd.
Die Buche, die Hainbuche, die Tanne, ferner die Erle, die Eiche und die Vogelkirsche; bei den drei letztgenannten nur für die ersten 10—20 Jahre.

b) Der Lederkork in Lamellen abblätternd.
Die Birke und der Kirschbaum.

B. Rinde von einem rissigen Kork (Suber) bedeckt.

Die eigentlichen Korkbäume; z. B. Acer campestre.

C. Rinde mit rissiger Borke.

a) Borke schuppenartig abblätternd.
Bei der Kiefer (der Rand der Borkenschuppen durch einen Peridermasaum geflügelt) und bei der Platane (ungeflügelt).

b) Borke in unregelmäßigen Fetzen abblätternd.
Der Weinstock und das Geisblatt.

c) Borke nicht abblätternd, sondern am Stamm verbleibend.
Die Eiche, die Pappel, die Weide, die Fichte, die Lerche, und die Mehrzahl der Bäume.

III.

A. Rinde mit einmaliger Bastbildung.
Die Buche, die Birke, die Platane, die Mistel und die Menispermum-Arten.

B. Rinde, welche Bastbündel nachbildet.
a) Bastbildung vom zweiten Jahre ab auf bestimmte Stellen beschränkt.
Die Erle und der Haselstrauch.
b) Bastbildung unbeschränkt.
α) Bastzellen in einzelligen Reihen den Stamm umkreisend.
Der Wachholder, der Eibenbaum und die Cypresse.
β) Bastzellen in Gruppen.
Die Weide, die Pappel, die Linde, die Eiche, die Hainbuche, die Esche ꝛc.

IV.

A. Rinde mit stark verholzten Parenchymzellen.
Die Buche, die Hainbuche, die Platane, der Ahorn, die Birke, die Erle, die Roßkastanie und der Mehlbaum (Viburnum Lantana).

B. Rinde ohne stark verholztes Parenchym.
Die Linde, die Weide und die Pappel.

V.

A. Die Bastzellen, in der Rinde gruppenartig angeordnet, bleiben für mehrere Jahre unverholzt und weich, später bilden sich zum Theil in ihnen Zellen, welche verholzen (secundäre Bastzellen).

a) Secundäre Bastzellen, wunderbar verzweigt, in Gruppen.
Die Tanne.

b) Secundäre Bastzellen, cubisch, in Gruppen.
Die Fichte.

c) Secundäre Bastzellen, lang, vereinzelt; an der Grenze der primären Rinde einzeln verzweigte und verholzte Zellen.
Die Lerche.

d) Keine secundäre Bastzellen.
Die Kiefer.

B. Die Bastzellen schon im ersten Jahre verholzend.
Sämmtliche mir bekannte Laubhölzer.

VI.

A. Rinde ohne Harzgänge.
Sämmtliche Laubhölzer.

B. Rinde mit Harzgängen.

a) Nur in der primären Rinde.
Die Kiefer, die Fichte und die Tanne.

b) Harzlücken in der secundären Rinde.
Die Lerche.

Schlüssel

zur mikroskopischen Bestimmung der wichtigeren im Text angeführten Holzarten*).

I. Keine Gefäße.

Die Nadelhölzer (Ephedra und Gnetum ausgenommen).

A. Keine Harzgänge und keine Harzzellen im Holz. Abies.

B. Harzgänge im Holz.

*) Um diese Tabelle zur Bestimmung zu gebrauchen, ist es durchaus

a) Markstrahlzellen ohne große Tüpfel und ohne zackige Verdickung.

α) Gruppen cubischer verholzter Zellen in der älteren Rinde. **Picea.**

β) Vereinzelt lange verholzte Zellen in der älteren Rinde. **Larix.**

b) Markstrahlzellen mit großen Tüpfeln und zackiger Verdickung. **Pinus** *).

C. Harzzellen im Holz; die Rinde mit einzelligen, den Stamm umfassenden, Reihen verholzter Bastzellen.

a) Holzzellen mit Spiralband. **Taxus.**

b) Holzzellen ohne Spiralband. **Cupressus, Juniperus.**

II. Gefäße vorhanden.

Die Laubhölzer.

A. Markstrahlen einerlei Art; einreihig. (Holzparenchym fehlend oder in vereinzelten Zellen auftretend.)

a) Getüpfelte Gefäße mit deutlichem Spiralband.

α) Leichtes Holz. **Aesculus, Tilia.**

β) Schweres Holz. **Carpinus.**

b) Querwand der Gefäße von einem runden Loch durchbrochen, kein Spiralband. **Populus, Salix.** (ob bei allen?)

c) Querwand der Gefäße leiterförmig durchbrochen, kein Spiralband.

α) Scheinbar zweierlei Markstrahlen, weil an bestimmten Stellen die Gefäße fehlen. **Corylus, Alnus.**

β) Gefäße überall im Holzring. **Betula.**

---

nothwendig, vollkommen gelungene Quer- und Längsschnitte nach drei Richtungen darzustellen, wozu meine Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops Winke, jedoch nur wiederholte Uebung die nöthige Fertigkeit giebt.

*) Man vergl. Fig. 48 und Fig. 49 auf S. 201 u. 202.

B. Markstrahlen einerlei Art, ein- bis zweireihig.
a) Holzparenchym fehlend, Gefäße mit Spiralband und rundem Loch in der Querwand.
α) Spiralband sehr deutlich. Acer.
β) Spiralband schwach entwickelt. Fraxinus.
b) Holzparenchym als vereinzelte Zellen, gleich den Markstrahlen mit Stärkmehl erfüllt.
α) Gefäße mit deutlichem Spiralband. Prunus.
β) Gefäße ohne Spiralband. Pyrus.

C. Markstrahlen einerlei Art, zwei- bis vielreihig.
a) Markstrahlen kurz, Holzparenchym in Bändern, Gefäßzellen sehr weit und kurz, mit rundem Loch, die Zellen des Holzparenchyms mit Spiralband. Ulmus.
b) Markstrahlen lang.
α) Holzzellen mit Spiralband, Holzparenchym ohne Spiralband, Querwand der Gefäße mit rundem Loch. Vitis.
β) Holzzellen und Holzparenchym ohne Spiralband, Querwand der Gefäße leiterförmig durchbrochen. Platanus.

D. Markstrahlen zweierlei Art; breite und schmale.
a) Gefäße weit, Holzparenchym in schmalen Bändern. Quercus.
b) Gefäße eng, Holzparenchym als vereinzelte Zellen. Fagus.

Schlüssel

zur mikroskopischen Bestimmung einiger Rinden.

I. Bastzellen mehrere Jahre lang unverholzt.
a) Secundäre, verholzte, vielfach verzweigte Bastzellen in Gruppen. Glattes Periderma, später Borkenbildung. Abies.

b) Secundäre, verholzte, cubische Bastzellen in Gruppen. Borkenbildung mit Periderma-Schüppchen. Picea.

c) Secundäre, verholzte, lange Bastzellen, vereinzelt; Borkenbildung, keine Periderma-Schüppchen. Larix.

d) Secundäre, verholzte Bastzellen fehlen; von einem Periderma-Rand geflügelte Borkenschuppen.

Pinus sylvestris.

II. Bastzellen in einreihigen Ringen um den Stamm angeordnet (Manche Ringe bisweilen nur stellenweise ausgebildet).

Taxus, Juniperus, Cupressus.

III. Bastzellen nur einmal, im ersten Lebensjahre, gebildet (in Bündeln):

a) Verholztes Parenchym unregelmäßig, glattes Periderma, keine Borkenbildung. Fagus.

b) Verholztes Parenchym regelmäßig, in Gruppen mit den Markstrahlen und gegen dieselben; Rinde mit Borkenschuppen. Platanus.

Verholztes Parenchym in breiten Gruppen; abblätternder Lederkork. Betula.

c) Verholztes Parenchym nur in der Richtung der Markstrahlen; Borke, aber keine Borkenschuppen. Alnus.

IV. Bastzellen alljährlich nachgebildet.

A. Die Nachbildung der Bastzellen auf bestimmte Stellen beschränkt.

Corylus.

B. Die Nachbildung nicht beschränkt.

a) Verholztes Parenchym vorhanden.

aa. Keine Borke; ein glattes Periderma. Carpinus.

bb. Borke vorhanden.

α) einerlei Markstrahlen. Fraxinus.

β) zweierlei Markstrahlen. Quercus.

cc. Eine Korkhülle vorhanden. Acer campestre.

b) Kein verholztes Parenchym.

α) mit einreihigen Markstrahlen.

Populus, Salix, Tilia.

(Die Bildung der Bastzellen bei Tilia sehr regelmäßig. Siehe Fig. 47 S. 198.)

β) mehrreihige Markstrahlen. Ulmus.

Erklärung einiger Ausdrücke, welche im Haupttext nicht erläutert sind.

Abtreiben, Abholzen nennt der Forstmann das Schlagen der Bäume; in der Regel wird im ersten Frühling und im Sommer gefällt.

Anflug und Selbstbesamung sind Bezeichnungen für nicht durch Menschenhand gelegten Samen. Anflug ist namentlich für geflügelte Samen, z. B. für die Nadelhölzer und die Birke, gebräuchlich.

Bestand heißt in der Forstsprache eine größere bewaldete Bodenfläche.

Dicotyledone Pflanzen nennt der Botaniker diejenigen Gewächse, welche mit zwei Samenlappen keimen, z. B. alle unsere Bäume.

Durchforsten heißt einen Waldbestand nach den Gesetzen der Forstwissenschaft behandeln; demnach, wenn er zu dicht steht, lichten, wenn Bäume ausgegangen sind, neue nachpflanzen.

Kryptogame Gewächse sind Pflanzen ohne eigentliche Blüthen, d. h. ohne Samenknospen und Blüthenstaub, z. B. die Farrenkräuter, Moose, Flechten, Pilze und Algen.

Lichtung ist eine durch Fällen der großen Bäume gelichtete Stelle des Waldes.

Monocotyledone Pflanzen sind solche Gewächse, welche mit einem Samenlappen keimen, z. B. die Palmen, die Zwiebelgewächse u. s. w.

Phanerogame Gewächse*) sind Pflanzen mit wirklichen Blüthen, d. h. mit Samenknospen und mit Blüthenstaub. Hierher gehören alle monocotyledone und dicotyledone Gewächse, demnach sowohl unsere Bäume als auch die Palmen und die Zwiebelgewächse.

Schonung nennt der Forstmann einen Bestand junger Bäume.

Stock heißt in der Forstsprache der Stumpf eines gefällten Baumes mit seinen Wurzeln, darnach Stockholz, Stockausschlag ꝛc.

---

*) Die Charaktere der einzelnen Pflanzenfamilien, deren Namen ich erwähnen mußte, findet der geneigte Leser in den Handbüchern der systematischen Botanik beschrieben.

Für diejenigen meiner Leser, welchen die Methode der mikroskopischen Untersuchung fremd ist, bemerke ich noch, daß für die Entwicklungsgeschichte irgend eines Pflanzentheiles zahlreiche Entwicklungszustände nach einander vergleichend untersucht werden müssen, weil, um die Veränderungen im Innern zu erfahren, jeder einzelne Zustand zerschnitten, mithin zerstört werden muß. Durch Quer- und Längsschnitte, in bestimmten Richtungen ausgeführt, erkennt man den inneren Bau der Gewächse.

Erklärung der Abbildungen.

Die mikroskopischen Figuren sind sämmtlich mit der Camera lucida entworfen; die Vergrößerung ist als Bruchzahl ($\frac{25}{1}$ = 25 mal) neben jeder Figur angegeben, die Figuren ohne Bruchzahl sind in natürlicher Größe dargestellt.

Tafel 1.

Die Tanne (Abies pectinata).

Fig. 1. Der keimende Same. o der Flügel des Samens; m die Samenschale, aus der einfachen Knospenhülle entstanden.

Fig. 2. Der Kern (das Eiweiß, welches den Keim umschließt) des Samens.

Fig. 3. Der Keim, aus dem Sameneiweiß herausgeschält. ct die Samenlappen (Cotyledones). r das Wurzelende (Radicula).

Fig. 4. Zarter Längsschnitt durch die Mitte eines Keims. ac Verdickungsring (Annulus cambialis). ct die Samenlappen. pl die Samenknospe des Keims (das Federchen, plumula). r die Wurzelhaube. x der Vegetationspunkt der Wurzel.

Fig. 5. Eine junge Keimpflanze. a die ersten Nadeln (Plumula-Blättchen). ct die Samenlappen.

Fig. 6. Querschnitt durch eine junge Keimpflanze in der Höhe der Stammknospe geführt. a die Blätter (Nadeln) des ersten Blattkreises, b die Blätter des zweiten Blattkreises, letztere werden nur höchst selten als Nadeln ausgebildet, in der Regel entsteht aus ihnen der erste Kreis der Deckschuppen. ct die Samenlappen.

Fig. 7. Querschnitt durch die Axe derselben Keimpflanze unterhalb der Samenlappen genommen. ac der Verdickungsring, c die Außenrinde, d die Grenze von wo aus selbige durch Korkbildung abstirbt,

y Gefäßbündel. Die Zahl der Gefäßbündel entspricht immer der Zahl der Samenlappen; die Zahl der Samenlappen harmonirt wiederum mit der Zahl der ersten Blätter.

Fig. 8. Längsschnitt durch einen Theil einer Keimpflanze auf derselben Entwicklungsstufe. a Nadel des ersten Blattkreises, b Deckschuppe, aus dem zweiten Blattkreis entstanden. a c Verdickungsring, c t Samenlappen. p v Vegetationspunkt (Vegetationskegel, Punctum vegetationis, Conus vegetationis) der Stammknospe. y Gefäßbündel. (Vgl. Fig. 6.)

Fig. 9. Querschnitt durch eine ausgewachsene Nadel. e e die beiden weißen Streifen der Unterseite, welche allein Spaltöffnungen führen. f f die beiden Harzgänge. y das Gefäßbündel.

Fig. 10. Eine Nadel von der Unterseite. e und f wie auf der vorhergehenden Figur.

Fig. 11. Eine Deckschuppe der Stammknospe.

Fig. 12. Der weibliche Blüthenstand im ersten Frühling. h und h die beiden Seitentriebe des Zweiges, welcher den Blüthenstand trägt. i der Haupttrieb dieses Zweiges. (Ende März.)

Fig. 13. Querschnitt durch eine Nadel des Zweiges, welcher den Blüthenstand entwickelt. f und f die beiden Harzgänge, y das Gefäßbündel. (Vgl. Fig. 9.)

Fig. 14. Eine Deckschuppe (k) mit der Fruchtschuppe (l) vom weiblichen Blüthenstand (Fig. 12), m die Samenknospe, deren zwei an jeder Fruchtschuppe.

Fig. 15. Die obere Hälfte eines halbreifen Zapfens. k die Deckschuppe, l die Fruchtschuppe, n die Spindel (rachis). (Mitte Juli.)

Fig. 16. Eine Fruchtschuppe (l) dieses Zapfens. m die Samenknospe. o der Flügel des Samens.

Fig. 17. Längsschnitt durch die männliche Blüthenknospe (Mitte September). a c Verdickungsring. b Deckschuppe. p der Stiel der männlichen Blüthe. q die Blätter welche zu Antheren werden, selbige entsprechen den Deckschuppen des weiblichen Blüthenstandes. p v der Vegetationspunkt der männlichen Blüthe.

Fig. 18. Ein schwacher Wurzelzweig eines Baumes. r ein stärkeres Wurzelende (eine sogenannte Saugwurzel). r′ u. r″ schwächere Wurzelenden, die Seitenwurzeln stehen zweizeilig.

Fig. 19. Längsschnitt durch die Mitte des Wurzelendes r der vorigen Figur. ac der Verdickungsring. x der Vegetationspunkt des Wurzelendes, von einer Wurzelhaube bedeckt.

Tafel 2.

Figur 1 — 16. Die Kiefer (Pinus sylvestris).

Fig. 1. Der Same. m der Kern desselben.

Fig. 2. Längsschnitt durch die Mitte des Samens; der Keim liegt im Sameneiweiß. ac der Verdickungsring des Keimes. ct Samenlappen. pl die Stammknospe (plumula) des Keimes, x der Vegetationspunkt des Wurzelendes, r die Wurzelhaube.

Fig. 3. Das keimende Pflänzchen. m die Samenschale.

Fig. 4. Die junge Pflanze, welche ihre Samenlappen bereits ausgebreitet.

Fig. 5. Eine Keimpflanze im Herbst des ersten Jahres. ct Samenlappen.

Fig. 6. Ein männlicher (A) und ein weiblicher (B) Blüthenzweig. x die erste Anlage des weiblichen Blüthenstandes, welche im kommenden Jahre ihren Samen ausbildet. x′ der weibliche Blüthenstand (Zapfen) des vorigen Jahres, welcher in diesem Jahre seinen Samen reift. y die Scheide, aus welcher die beiden Doppelnadeln hervortreten.

Fig. 7. Eine männliche Blüthe, b schuppenartige Blätter an deren Grunde. q Blätter, welche zu Staubfäden geworden.

Fig. 8. Ein bereits aufgesprungener Staubfaden.

Fig. 9. Ein Pollenkorn ohne Wasser (trocken) gesehen.

Fig. 10. Ein Pollenkorn, unter Citronenöl betrachtet. b der Theil, welcher sich zum Pollenschlauch verlängert.

Fig. 11. Längsschnitt durch die Mitte der männlichen, noch nicht geöffneten Blüthe. b schuppenartige Blätter, p der Stiel der Blüthe, q Staubblätter (Antherae). pv der Vegetationspunkt der Blüthe. (Vgl. Fig. 7.)

Fig. 12. Längsschnitt durch die Mitte des jungen weiblichen Blüthenstandes x der Fig. 6. B. — b schuppenartige Blätter an der Basis des Fruchtstandes, den Deckschuppen (k) entsprechend, jedoch ohne Knospe (l) in ihrer Achsel; diese Knospe wird zur Fruchtschuppe. pv der Vegetationspunkt des Fruchtstandes.

Fig. 13. Eine Fruchtschuppe (l) mit ihren beiden Samenknospen (m) aus diesem Zustand der Blüthe.

Fig. 14. Eine Fruchtschuppe aus dem jährigen Blüthenstand X' der Figur 6 B. — l die Fruchtschuppe, m die Samenknospe. o der Flügel des Samens.

Fig. 15. Dieselbe Fruchtschuppe von der Außenseite.

Fig. 16. Querschnitt durch eine ausgewachsene Nadel. f Harzgänge, der Zahl nach unbestimmt, y Gefäßbündel.

Figur 17 — 24. Die Fichte (Picea vulgaris Link).

Fig. 17. Ein keimender Same, der Flügel ist abgebrochen.

Fig. 18. Ein junge Keimpflanze mit ihren nach einer Seite hin gedrehten Samenlappen (ct).

Fig. 19 u. 20. Querschnitte durch diese Keimpflanze in der Höhe der Samenlappen (ct). a' Nadel des ersten Blattkreises. a'' Nadel des zweiten Blattkreises, die Stellung wird alsdann spiralig. Die Zahl der ersten Blätter entspricht nicht wie bei der Tanne, Kiefer und Lerche der Zahl der Samenlappen.

Fig. 21. Eine junge Pflanze im Herbst des ersten Jahres; nicht selten entsteht schon im ersten Jahre ein Seitenzweig.

Fig. 22. Eine Pflanze im dritten Lebensjahre. Z und Z' Schuppenansätze.

Fig. 23. Querschnitt durch die ausgewachsene Nadel. f Harzgang. y Gefäßbündel.

Fig. 24. Eine Fruchtschuppe des reifen Zapfens mit ihrer winzig kleinen Deckschuppe (S. 268).

Tafel 3.

Figur 1 — 7. Der Lerchenbaum (Larix europaea).

Fig. 1. Der reife Same. m das Korn. o der Flügel.

Fig. 2. Eine Keimpflanze. ct Samenlappen.

Fig. 3. Eine Keimpflanze im Herbst. ct Samenlappen.

Fig. 4. Ein Zweig mit einem halbreifen Zapfen (B). Z ein Schuppenansatz.

Fig. 5. Die männliche Blüthe im Frühjahre. q Staubfäden.

Fig. 6. Ein Pollenkorn unter Citronenöl.

Fig. 7. Eine Fruchtschuppe aus dem Zapfen der Fig. 4. l die Fruchtschuppe. m die Samenknospe. o der Flügel des Samens.

Figur 8 — 12. Die Birke (Betula alba).

Fig. 8. Eine junge Keimpflanze. ct Samenlappen.

Fig. 9. Ein Zweig mit reifen Fruchtständen (B) und jungen weiblichen Blüthenständen (A). Z die einem Schuppenansatz entsprechende Stelle.

Fig. 10. Eine Deckschuppe (a) des männlichen Blüthenstandes der Fig. 9. b u. b′ die Nebenblätter dieser Deckschuppe. c u. c′ die Blüthenknospen in deren Achsel entstanden. Die Blüthenknospe der Deckschuppe (des Mittelblattes) ist entfernt.

Fig. 11. Eine Deckschuppe (a) des Fruchtstandes der Fig. 9. — b u. b′ Nebenblätter dieser Deckschuppe. c u. c″ die Frucht in der Achsel derselben entstanden; die Frucht der Deckschuppe (des Mittelblattes) ist bei dieser Lage nicht sichtbar.

Fig. 12. Die reife Frucht.

Fig. 13. Der Keim aus derselben herausgeschält.

Fig. 14. Längsschnitt durch die Mitte dieses Keims. ct Samenlappen. pl Stammknospe (Plumula). r Wurzelende (Radicula).

Tafel 4.

Figur 1 — 7. Die Buche (Fagus sylvatica).

Fig. 1. Längsschnitt durch die Mitte des reifen Buchensamens. ct und ct′ die beiden Samenlappen, pl die Stammknospe (Plumula). r das Wurzelende (Radicula).

Fig. 2. Querschnitt durch die Mitte des reifen Buchensamens. ct und ct′ die beiden Samenlappen.

Fig. 3. Die junge Keimpflanze. ct Samenlappen. Fol. 1 u. 2 die beiden ersten Laubblätter. r das Wurzelende.

Fig. 4. Eine Achselknospe im Spätsommer. b Deckschuppen.

Fig. 5. Die Spitze eines ganz jungen Zweiges. a das Mittelblatt (Laubblatt). b u. b′ dessen Nebenblätter.

Fig. 6. Eine aufgesprungene Cupula, mit ihren beiden Nüssen.

Fig. 7. Eine reife Buchnuß.

Figur 8 — 15. Die Eiche (Quercus pedunculata).

Fig. 8. Längsschnitt durch den Keim der Eiche. ct Samenlappen, pl die Stammknospe (Plumula). r das Wurzelende (Radicula).

Fig. 9. Eine junge Keimpflanze. a ein Laubblatt, an jeder Seite desselben ein kleines Nebenblatt. b schuppenartige einzeln stehende Blätter; die Wurzel entwickelt reichlich Wurzelhaare.

Fig. 10. Eine weibliche Blüthe. b die Deckschuppen des Becherchens (der Cupula). c die Narben.

Fig. 11. Längsschnitt durch die Mitte einer solchen Blüthe. b die Cupula. c die Narben, unter denselben ein Blattkreis, welcher nur wenig ausgebildet, vor den Narben entstand und dessen Theile mit den Narben alteriren. (Vgl. S. 372.) d die Knospenträger (vergl. Fig. 12).

Fig. 12. Querschnitt durch den obern Theil des Fruchtknotens einer Blüthe, etwa vier Wochen später. gem Samenknospen, deren je zwei am wandständigen Knospenträger.

Fig. 13. Halbreife Früchte. b das Becherchen. d der Fruchtknoten, welcher zur Frucht geworden.

Fig. 14. Der männliche Blüthenstand; die Einzelnblüthen aus einer fünfblättrigen Blüthenhülle und fünf bis zehn Staubfäden bestehend, durch Verlängerung der Stengelglieder von einander gerückt.

Fig. 15. Ein Pollenkorn unter concentrirter Schwefelsäure, drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch.

Tafel 5.

Figur 1 — 15. Die Knospenlage der Blätter im Herbst.

Fig. 1. Querschnitt durch die Endknospe eines Seitenzweiges der Kastanie (Castanea vesca). a u. a′ das Mittelblatt. b u. b′ seine Nebenblätter. x das Mark des Stammtheils der Knospe. (Zweizeilige Blattstellung.)

Fig. 2. Eine Endknospe der Kastanie.

Fig. 3. Querschnitt durch die Endknospe eines Seitenzweigs der Eiche (Quercus pedunculata) welche den Trieb für das kommende Jahr bereits angelegt hat. a das Mittelblatt, b u. b′ dessen Nebenblätter. x das Mark des Stammtheils der Knospe. ($^2/_5$ Blattstellung.) Die äußeren Deckschuppen, welche dem Mittelblatt und

seinen Nebenblättern entsprechen, jedoch nicht in solche getheilt sind, wurden weggelassen. (Vgl. S. 369.)

Fig. 4. Längsschnitt durch eine Endknospe des Eichenzweiges, welche die Anlage zum Trieb des kommenden Jahres noch nicht entwickelt hat. b Deckschuppen. pv der Vegetationspunkt der Knospe. x das Mark. ac der Verdickungsring.

Fig. 5. Die Achselknospe eines Eichenzweiges.

Fig. 6. Querschnitt durch die Achselknospe eines Erlenzweiges (Alnus glutinosa). a das Laubblatt. b : b′ dessen Nebenblätter. (1/3 Blattstellung.) Aeußere Deckschuppen, welche gewissermaßen Mittelblatt und Nebenblätter vereint darstellen, fehlen der Erle.

Fig. 7. Die gestielte Achselknospe der Erle.

Fig. 8. Querschnitt durch die Endknospe eines Zweiges der Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum). a u. a zwei gegenständige Blätter. b u. b zwei gegenständige Deckschuppen. Nebenblätter fehlen der Roßkastanie überhaupt, das eigentliche Blatt wird zur Deckschuppe. (Gegenständige Blattstellung.)

Fig. 9. Querschnitt durch die Endknospe eines Seitenzweiges vom Feigenbaum (Ficus australis). a u. a Laubblätter im verschiedenen Entwicklungszustande. b′ u. b″ Deckblätter für ein Laubblatt. Dieselben umgeben das letztere tutenförmig. (Vgl. Fig. 10.)

Fig. 10. Ein tutenförmiges Deckblatt vom Ficus australis.

Fig. 11. Querschnitt durch die Knospe von Cecropia peltata (zu den Artocarpeen, wohin der Brotbaum, gehörig). Nur ein Deckblatt (b) umgiebt tutenartig das Laubblatt (a).

Fig. 12. Querschnitt durch die Endknospe eines Tannenzweiges (Abies pectinata). a die junge Nadel. ac der Verdickungsring des Stammtheils der Knospe. b die Deckschuppen. y das Mark des Stammtheils der Knospe. (Vgl. Fig. 6 u. 8 der Taf. 1.)

Fig. 13. Die Endknospe eines Tannenzweiges.

Fig. 14. Querschnitt durch die Knospe, welche die Doppelnadel der Kiefer (Pinus sylvestris) entwickelt, am jungen Trieb im Frühjahr ausgeführt. a das Deckblatt, in dessen Achsel diese Knospe entstanden ist, der einfachen Nadel der Fichte und Tanne entsprechend. b die Deckschuppen, welche als häutige Scheide die beiden Doppelnadeln (y) umgeben.

Fig. 15. Längsschnitt durch die Mitte einer solchen Knospe. b die Deckschuppen. y u. y die beiden Doppelnadeln. pv der Vegetationspunkt zwischen ihnen. In der Regel stirbt derselbe ab, nur in seltenen Fällen entwickelt er später einen Zweig mit verlängerten Stengelgliedern (S. 372).

Fig. 16—18. Das Blatt der Buche (Fagus sylvatica)

Fig. 16. Querschnitt durch eine kleine Partie des ausgewachsenen Blattes, c u. c die Oberhaut, d ein Gefäßbündel, als schwacher Seitennerv.

Fig. 17. Die Oberhaut der unteren Blattseite. c u. c Partien der Blattfläche mit Spaltöffnungen (e), d der Theil der Blattfläche über einem Seitennerv; hier fehlen die Spaltöffnungen, auch die Gestalt der Zellen selbst ist eine andere.

Fig. 18. Die Oberhaut der oberen Blattfläche; die Spaltöffnungen fehlen hier überall, c u. d der Fig. 17 entsprechend.

Tafel 6.

Fig. 1. u. 2. Das Holz der Buche (Fagus sylvatica).

Fig. 1. Ein sehr zarter Querschnitt. a die Grenze des Jahresringes, b das Herbstholz, c das Frühlingsholz, e enge Markstrahlen, f Gefäßzellen, g breite Markstrahlen.

Fig. 2. Längsschnitt in der Richtung gegen die Markstrahlen (tangentialer Längsschnitt). Die Bezeichnung wie auf der vorigen Figur.

Fig. 3. Der Lederkork der Birke (Betula alba).

Fig. 3. a Einige Zellenreihen der primären Rinde, b die Partie, durch welche sich der Lederkork (das Periderma) fortbildet, c stark verdickte Partie des Lederkorkes, d schwach verdickte Partie desselben, c′ d′ u. c″ entsprechend entwickelte, abwechselnde, Schichten des Lederkorkes. Das ungleiche Zusammenziehen beim Austrocknen dieser Schichten bewirkt das Abblättern derselben; der Luftgehalt der Zellen bedingt die silberweiße Färbung des Lederkorks.

Fig. 4—6. Das Holz der Kiefer (Pinus sylvestris).

Fig. 4. Querschnitt. a Grenze des Jahresringes, b Herbstholz, c Frühlingsholz, d Harzgang, e Markstrahl.

Fig. 5. Längsschnitt gegen die Markstrahlen (tangentialer Längsschnitt) durch das Frühlingsholz geführt. Die Bezeichnung wie auf der vorhergehenden Figur.

Fig. 6. Längsschnitt parallel den Markstrahlen (radialer Längsschnitt). Die Bezeichnung wie auf Fig. 4.

Fig. 7. Querschnitt durch die Endknospe eines Zweiges vom Drachenbaum (Dracaena reflexa).

Fig. 8. Querschnitt durch den Harzgang einer ausgewachsenen Tannennadel (Abies pectinata). a Zellen des Blattgewebes, b erste Zellenreihe des Harzganges, c zweite, äußere, Zellenreihe desselben, d die Höhle des Harzganges, e die Oberhaut der Nadel, mit Porenkanälen in ihren Verdickungsschichten.

Der lithographirte Umschlag zeigt Blätter oder Zweige von acht verschiedenen Waldbäumen. Rechts unten zwei Eichenblätter, daneben zwei Eicheln. Ein Lerchenzweig erhebt sich über dem Eichenlaub, ihn deckt ein Birkenzweig, dem von der andern Seite her ein Kiefern- und ein Erlenzweig begegnen. Darauf ein reifer Kiefernzapfen, von den Blättern eines Buchenzweiges halb bedeckt, zwischen den letzteren sieht ein Fruchtstand der Buche (eine Buchel) hervor. Ein Tannenzweig schließt den Kranz; hinter demselben blickt ein Fichtenzweig hervor. Rechts und links unten zweizeilig verzweigte Wurzeln der Tanne.

Das Titelblatt giebt eine Lichtung durch den Wald mit einer Aussicht auf die Wartburg. Im Vordergrunde rechts eine Kiefer, Buche und Fichte, links eine Birke, Eiche und Fichte.

Register.

E.

F.

G.

H.

J.

K.

L.

Berlin, Druck von Gustav Schade,
Oranienburgerstr. 27.

Taf. 1.

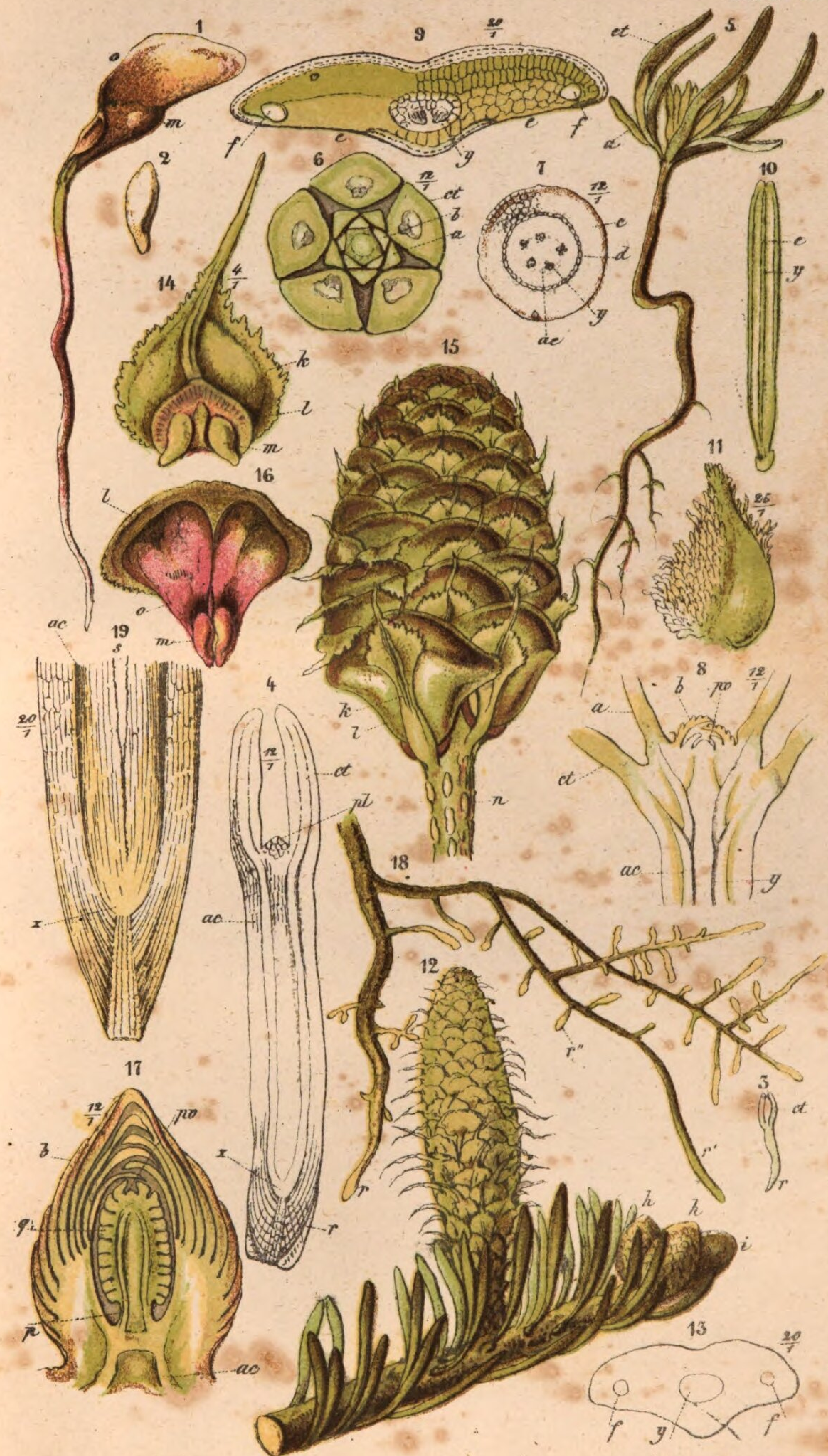


Farbendruck der lith. Anst. von G. Reichke, Ber.

nat. del. H. Schacht

Berlin, Druck von Gustav Schade,
Oranienburgerstr. 27.

Taf. 1.



ad nat. del. H. Schacht.

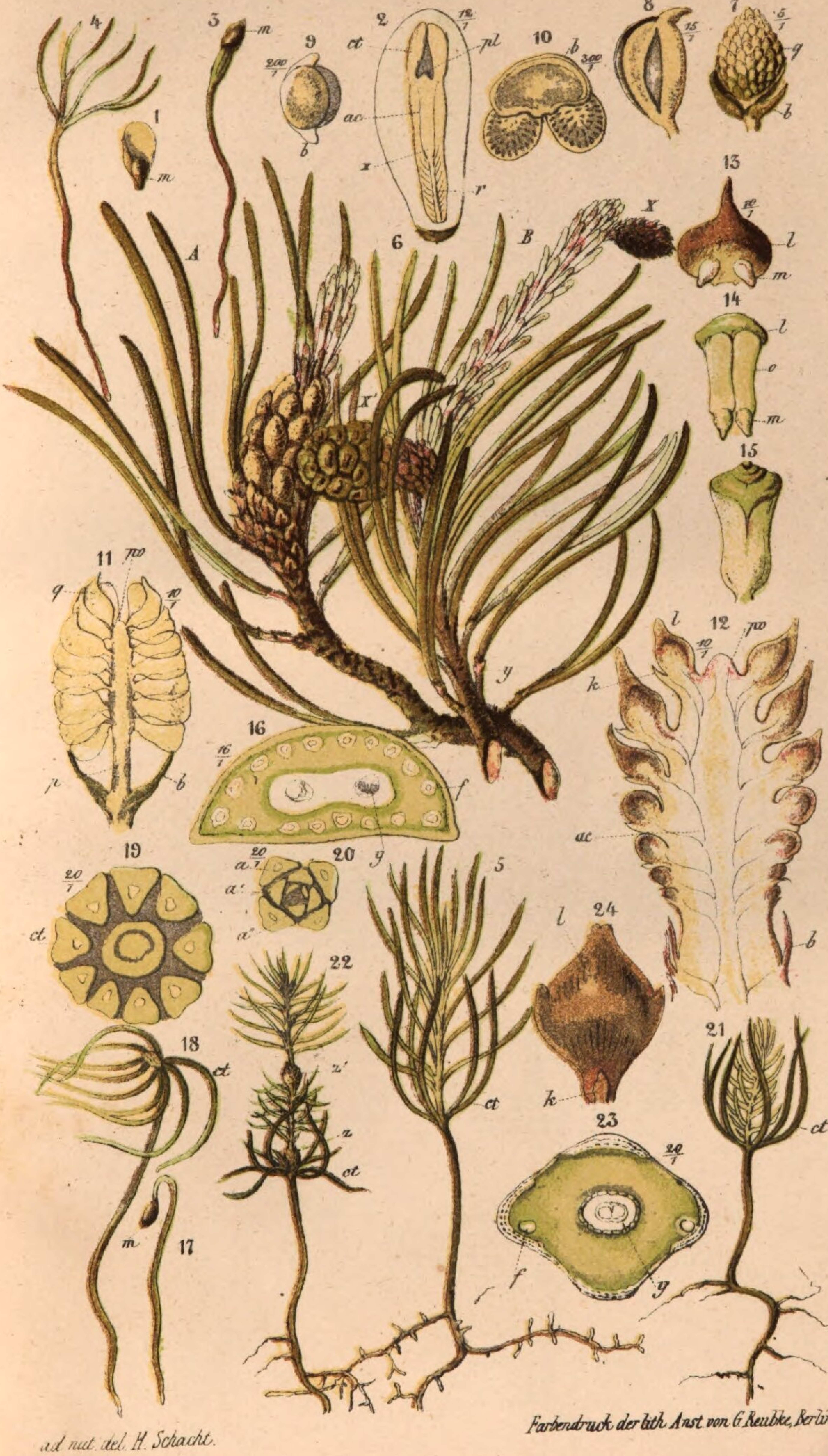
Farbendruck der lith. Anst. von G. Reubke, Berlin.





del. H. Schacht. Farbendruck der lith. Anst. von G. Rau

Taf. 2.



ad nat. del. H. Schacht.

Farbendruck der lith. Anst. von G. Reubke, Berlin.



Taf. 3.



ad nat. del. H. Schacht.





Farbendruck der lith. Anst. von G. Reubke, Berl.

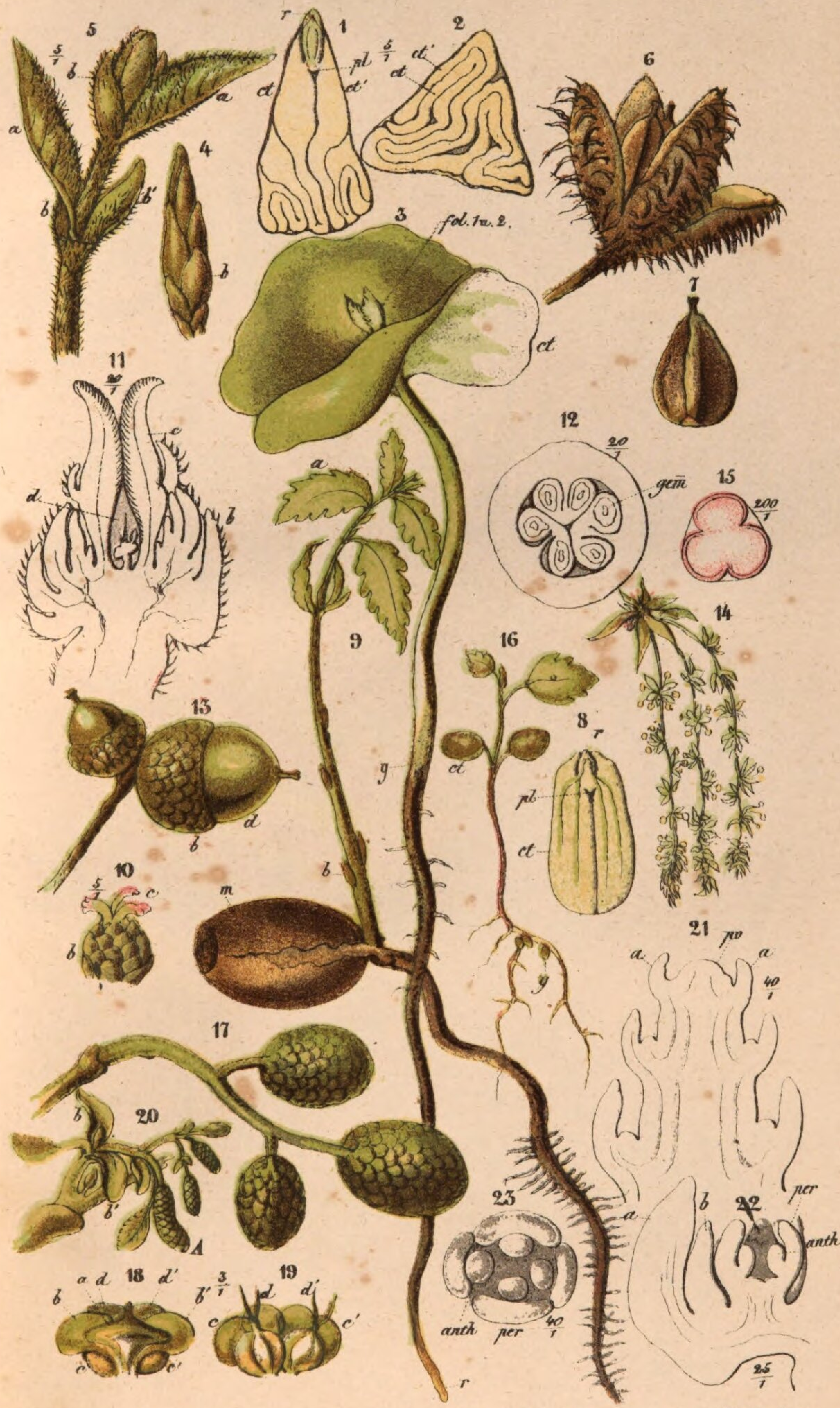
ad nat. del. H. Schacht.

Taf. 4.



nat. del. H. Schacht

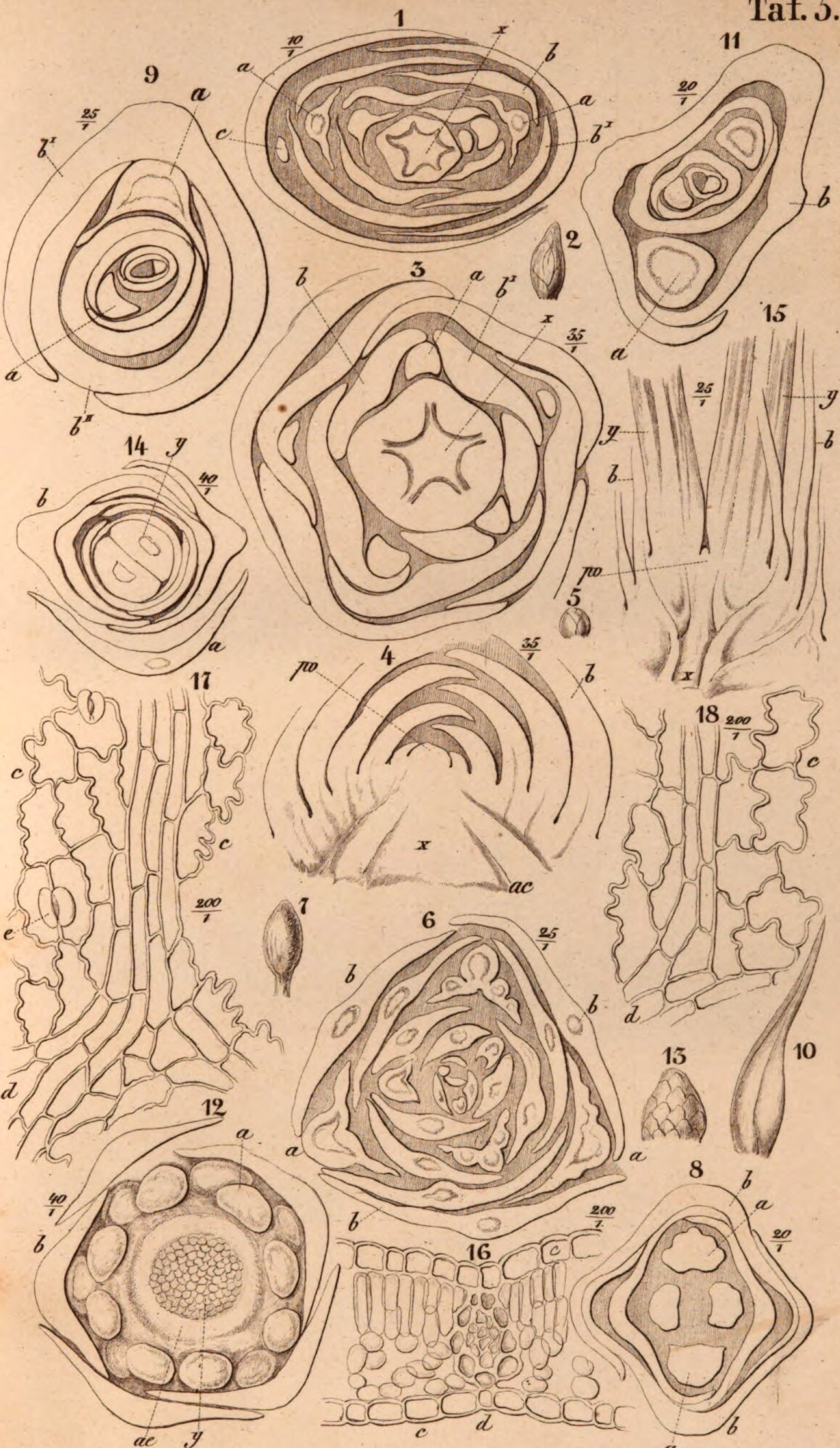
Taf. 4.



ad nat. del. H. Schacht.

Farbendruck der lith. Anst. von C. Renbke, Berlin.


Taf. 5.



ad nat. del. H. Schacht.

lith. Anst. von G. Reubke, Berlin.

Taf. 6.



ad nat. del. H. Schacht.

Lith. Anst. von G. Reubke, Berlin.

Druckfehler*).

Seite	2	Zeile	15	von	unten	lies	Dicotyledonen statt Dycotyledonen.
=	4	=	11	=	unten	=	im statt in.
=	35	=	2	=	unten	=	Abscheidung statt Abschneidung.
=	49	=	6	=	unten	=	Orchideen statt Orchydeen.
=	49	=	4	=	unten	=	Raphiden statt Kaphiden.
=	51	=	5	=	unten	=	letzend statt lechsend.
=	59	=	15	=	oben	=	Verdickungsring statt Verdickungsweg.
=	65	=	1	=	unten	=	Harzgängen statt Herzgängen.
=	66	=	14	=	unten	=	selten oder niemals statt niemals.
=	85	=	1	=	unten	=	⅓ Stellung statt ⅓ Stellung.
=	97	=	16	=	oben	=	Cardamine statt Cardamina.
=	109	=	4	=	unten	=	Swarziana statt Schwarziana.
=	115	=	16	=	oben	=	dieses statt ersteres.
=	121	=	11	=	unten	=	Swarziana statt Olfersiana.
=	148	=	9	=	oben	=	digitatum statt palmatum.
=	150	=	2	=	unten	=	Oehrchen statt Oerchen.
=	150	=	3	=	oben	=	ganzrandig statt glatt.
=	151	=	9	=	oben	=	gewimpert statt behaart.
=	151	=	14 u. 15	=	unten	=	gesägt statt gezähnt.
=	154	=	13	=	oben	=	Nervatur statt Nervnatur.
=	155	=	3	=	oben	=	Nervatur statt Nervnatur.
=	160	=	17	=	oben	=	Quendel statt Quedel.
=	160	=	10	=	unten	=	Victoria in statt Victoria haar- in.
=	167	=	11	=	oben	=	immergrün statt immer grün.
=	168	=	4	=	oben	=	Erythrophyll statt Erytrophyll.
=	191	=	7	=	oben	=	zieht statt entzieht.
=	205	=	12	=	oben	=	Zellen statt Zoll.
=	207	=	1	=	oben	=	Zellen statt Zoll.
=	210	=	6	=	oben	=	echinata statt ecchinata.
=	218	=	5	=	oben	=	Loranthus statt Locanthus.
=	221	=	9	=	unten	=	noch statt nach.
=	224	=	7	=	unten	=	Oberhaut statt Obhut.
=	232	=	14	=	oben	=	grandifolia und parvifolia statt grandiflora und parviflora.
=	238	=	4	=	unten	=	Hanfes statt Flachses.
=	271	=	6	=	oben	=	zwei Blüthen statt eine Blüthe.
=	311	=	7	=	oben	=	Oberseite statt Unterseite.
=	321	=	11	=	oben	=	scoparium statt serparium.
=	321	=	9	=	unten	=	Umtriebszeit statt Betriebszeit.
=	344	=	13	=	oben	=	Lebenszeiten statt Lebenszeichen.
=	349	=	5	=	oben	=	Heide statt Haide.
=	351	=	13	=	unten	=	es statt er.

*) Samenträger und Knospenträger (Spermophorum) sind von mir als gleichbedeutend gebraucht (S. 256, 273 u. 372).

bryosack. — §. 50. Der Tod der Pflanzenzelle. — Anhang, die Anwendung der Polarisation auf die Pflanzenzelle betreffend. — Tabellarische Uebersicht der Anatomie des Holzes einiger Coniferen. — Zusätze und Verbesserungen. — Erklärung der Abbildungen. — Alphabetisches Sachregister. — Alphabetisches Pflanzennamenregister. — Alphabetisches Figurenregister.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BRANDPILZE und die durch sie verursachten Krankheiten der Pflanzen

mit Rücksicht auf das Getreide und andere Nutzpflanzen.

Von

ANTON DE BARY.

MED. DR.

Mit acht lithographirten Tafeln.

gr. 8. br. (9½ Bogen Text.) 1853. Preis n. 1⅓ Thlr.

Inhalt.

I. Specielle Beobachtungen über Bau und Entwicklung der Brandpilze. — 1. Ustilago. U. Maydis. U. longissima. U. Hypodytes. U. Antherarum. 2. Protomyces. 3. Cystopus. 4. Coleosporium. 5. Trichobasis. 6. Uromyces. 7. Puccinia. 8. Epitea Fr. (Lecythea Lév.). Podocystis (Podosporium) Lév. Physonema Lév. 9. Phragmidium. 10. Aecidinei. Spermogonien derselben. Sporenlager von Uredo suaveolens Pers. Uredo gyrosa Rebent. Uredo Orchidis. Aecidium. Peridermium Lk. Roestelia. Ueber die Beziehung der Spermogonien zur Sporenbildung. — II. Systematische Folgerungen. — Geschichtliches. Allgemeines über den Bau der Pilze und Flechten. Begründung einer neuen Eintheilung in Lichenes und Fungi. Eintheilung der Brandpilze. Aecidiacei. Uredinei. Phragmidiacei. Cystopus. Protomyces. Ustilaginei. — III. Ueber das Verhältnifs der Brandpilze zu den Brand- und Rostkrankheiten der Pflanzen. — Der Flugbrand der Cerealien. Der Schmierbrand des Weizens. Polycystis occulta des Roggens. Der Rost. Brandpilze der Nadelhölzer. Ansichten über die Beziehung zwischen Pilz und Krankheit; Geschichtliches. Begriff von Krankheit und von Parasiten. Die Brandpilze sind wirkliche Pilze. Keimung ihrer Sporen. Ansteckungsfähigkeit derselben. Eindringen derselben in die Pflanzentheile. Die Brandpilze sind wahre Parasiten. Beseitigung einiger scheinbarer Widersprüche. Die Succession mancher Formen. Ueber die pathologischen Veränderungen, welche der Parasit bewirkt. Indicationen zur Behandlung von Brand und Rost. — Erklärung der Abbildungen.

Newton'schen Emanationssystems und bespricht aufserdem die Göthe'schen Ansichten über die Entstehung der Farben und ihr Verhältnifs zum weissen Licht.

Der zweite Theil enthält die Untersuchungen des Verfassers über Stereoskopie, über Entstehung des Glanzes, Polarisation des Lichts und subjective Farben nebst der Beschreibung der von demselben angegebenen optischen Apparate.

Portrait Prof. Dr. H. W. Dove's.

gr. fol. Preis n. 1 Thlr.

Es ist dies Portrait das ähnlichste bis jetzt erschienene und befriedigt allgemein.

Grundriß der Zoologie und Botanik.

Von

J. H. Schulz,

Oberlehrer und Lehrer der Naturgeschichte an der Königl. Real- und Elisabethschule in Berlin.

Mit den Namen der beigefügten kurzen Diagnosen der Species, so wie mit sehr ausführlichen Inhaltsverzeichnissen und Registern versehen.

Zum Gebrauche in Gymnasien, Seminarien und höheren Schulanstalten.

Dritte verbesserte und sehr vermehrte Auflage.

gr. 8. (17 Bog.) 1847. br. Preis n. 1 Thlr.

Die Chemie

in technischer Beziehung.

Von

PROF. DR. FRIEDRICH KÖHLER.

Sechste umgearbeitete und sehr erweiterte Auflage.

gr. 8. (39½ Bog.) 1849.

Preis n. 2⅓ Thlr.

Das Skelett

und

die vorzüglichsten Organe des menschlichen Körpers in zweiundzwanzig Abbildungen nebst Erklärungen.

Für den Schulgebrauch.

gr. 8. (1 Bog.) 1851. br. Preis n. 6 Sgr.

Leitfaden

für

den zoologischen Unterricht

auf Gymnasien und Realschulen.

Von

Dr. Wunschmann,

Oberlehrer.

Mit 1 Lithographie und einem Anhange mit 21 Holzschnitten, die vorzüglichsten Organe des menschlichen Körpers darstellend.

gr. 8. (7 Bog.) 1851. br.

Preis n. 7/12 Thlr. geb. n. ⅔ Thlr.